

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-171097

(43)Date of publication of application : 14.06.2002

(51)Int.Cl.

H05K 13/04

(21)Application number : 2000-366311

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 30.11.2000

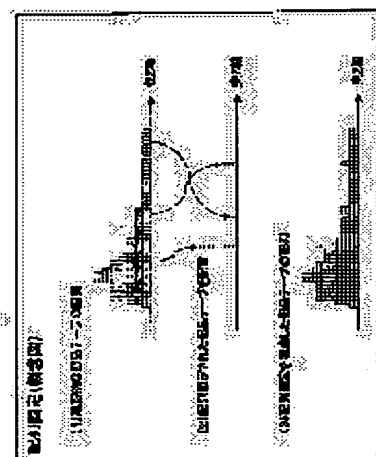
(72)Inventor : MAENISHI YASUHIRO
YOSHIDA IKUO
MORIMOTO MASAMICHI
KANEMICHI TOSHIKI
SHIDA TAKEHIKO

(54) METHOD AND APPARATUS FOR OPTIMIZING MOUNTING SEQUENCE OF COMPONENTS, AND COMPONENT-MOUNTING MACHINE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method for optimizing the mounting sequence of components with a component mounting machine, having a working head for simultaneously sucking and mounting the components on a board under various restrictions.

SOLUTION: The method for optimizing the mounting sequence of components comprises the step of (1) optimizing an array of component types, without taking into consideration an array fixing on a temporary Z-axis (an axis for aligning component cassettes). That is, a component histogram, in which simultaneous suction is preferred is formed. The method further comprises the step of (2) moving the component type to be an object of array fixing from the temporary Z axis to a real Z axis. The method also comprises the step of (3) moving the component type (component tape) which is not to be an object of the array fixing from the temporary Z axis to the real Z axis. At this time, the component type (component tape) which is not to be the object of the array fixing is disposed in the gap of the array fixed component types (component tape). Finally, the method also comprises the step of generating a suction pattern by cross cropping (component array deciding by considering simultaneous suction) from the component type (component tape) on the real Z axis.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

22.04.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3466153

[Date of registration]

29.08.2003

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

BEST AVAILABLE COPY

This Page Blank (uspto)

[Date of requesting appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

This Page Blank (uspto)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2002-171097
(P2002-171097A)

(43) 公開日 平成14年6月14日 (2002.6.14)

(51) Int.Cl.⁷
H 0 5 K 13/04

識別記号

F I
H 0 5 K 13/04

テマコード* (参考)
Z 5 E 3 1 3

審査請求 未請求 請求項の数33 O L (全 70 頁)

(21) 出願番号 特願2000-366311(P2000-366311)

(22) 出願日 平成12年11月30日 (2000. 11. 30)

(71) 出願人 000003821

松下電器産業株式会社
大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 前西 康宏

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72) 発明者 吉田 幾生

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(74) 代理人 100090446

弁理士 中島 司朗 (外1名)

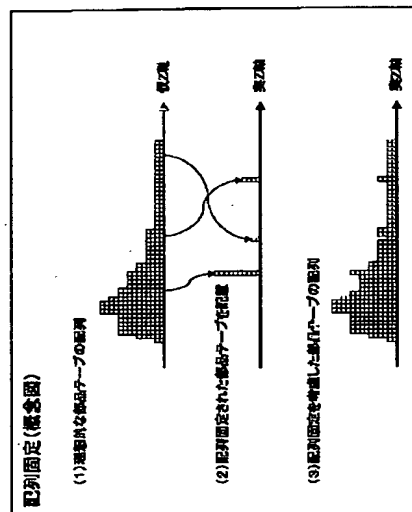
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 部品実装順序最適化方法、その装置及び部品実装機

(57) 【要約】

【課題】 様々な制約下において、複数の部品を同時吸着して基板に装着していく作業ヘッドを備える部品実装機を対象として部品の実装順序を最適化する方法を提供する。

【解決手段】 (1) 仮Z軸 (部品カセットが並べられる軸) 上で、配列固定を考慮せずに部品種の配列を最適化する。つまり、同時吸着を優先した部品ヒストグラムを作成する。(2) 配列固定の対象となっている部品種を仮Z軸から実Z軸へ移動する。(3) 配列固定の対象でない部品種 (部品テープ) を仮Z軸から実Z軸へ移動する。このとき、配列固定された部品種 (部品テープ) の隙間に配列固定の対象でない部品種 (部品テープ) を配置していく。最後に、実Z軸上の部品種 (部品テープ) から、刈り上げ処理 (同時吸着を考慮した部品配列決定) により、吸着パターンを生成する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 部品を収納した部品カセットの並びから、最大 n 個の部品を同時に吸着し、基板に実装していく作業ヘッドを備える部品実装機を対象とし、コンピュータにより部品の実装順序を最適化する方法において、特定の部品カセットが特定の位置に配置されなければならないという制約を遵守しつつ部品カセットの配列を最適化する方法であって、

最適化の対象となる全ての部品に対して、前記制約を考慮することなく、作業ヘッドが n 個の部品を同時に吸着する回数が多くなるように、同一種類の部品の集まりである部品種の配列を第1座標軸上で決定する仮最適化ステップと、

前記制約に従って、前記第1座標軸上に配列された部品種から、前記制約に係る部品種を取り出し、第2座標軸上に配置する第1移動ステップと、

前記第1座標軸上に残された部品種を、その並びを維持したまま、前記第2座標軸上の既に配置された部品種の隙間に配置していく第2移動ステップと、

前記第2座標軸を横軸とし、部品種に含まれる部品の員数を縦軸とする部品ヒストグラムであって、前記第2移動ステップ後における部品種の並びからなる部品ヒストグラムに対して、部品の員数が少ない部品種が先に無くなっていく順に、横軸方向に連続して並ぶ n 個の部品である吸着パターンを、取り出すことができなくなるまで繰り返して取り出し、部品カセットの並びにおける対応する部品カセットに割り当てる刈り上げステップと、前記刈り上げステップによる取り出し後における前記部品ヒストグラムを、横軸上の幅が n 個の部品となるようなダイアグラムの生成を目指して、対応する部品カセットに割り当てるコア処理ステップとを含むことを特徴とする部品実装順序最適化方法。

【請求項2】 部品を収納した部品カセットの並びから、最大 n 個の部品を同時に吸着し、基板に実装していく n 個の吸着ノズルからなる作業ヘッドを備える部品実装機を対象とし、コンピュータにより部品の実装順序を最適化する方法において、基板上の特定の領域については前記 n 個の吸着ノズルのうちの m 個の吸着ノズルだけが部品を装着できるという制約を遵守しつつ部品カセットの配列を最適化する方法であって、

最適化の対象となる全ての部品のうち、前記制約を受ける部品と受けない部品それぞれを対象とし、同一種類の部品の集まりを部品種とする部品種の単位で、部品の員数の多い順に並べた2つの部品ヒストグラムを生成する部品ヒストグラム生成ステップと、

前記2つの部品ヒストグラムそれぞれに対して、部品の員数が少ない部品種が先に無くなっていく順に、横軸方向に連続して並ぶ n 個の部品である吸着パターンを、取り出すことができなくなるまで繰り返して取り出し、それぞれ、第1及び第2座標軸の対応する位置に配置する

刈り上げステップと、

前記刈り上げステップによる取り出し後における前記2つの部品ヒストグラムそれぞれに対して、横軸上の幅が n 個の部品となるようなダイアグラムの生成を目指して、それぞれ、部品種を前記第1及び第2座標軸の対応する位置に配置するコア処理ステップと、

前記コア処理ステップ後における前記第1及び第2座標軸に配置された部品ヒストグラムを合成し、得られた部品ヒストグラムに基づいて部品カセットの配列を決定する合成ステップとを含むことを特徴とする部品実装順序最適化方法。

【請求項3】 部品を収納した部品カセットの並びから、最大 n 個の部品を同時に吸着し、基板に実装していく n 個の吸着ノズルからなる作業ヘッドを備える部品実装機を対象とし、コンピュータにより部品の実装順序を最適化する方法において、基板上の特定の領域については前記 n 個の吸着ノズルのうちの m 個の吸着ノズルだけが部品を装着できるという制約を遵守しつつ部品カセットの配列を最適化する方法であって、

最適化の対象となる全ての部品に対して、前記制約を考慮することなく、作業ヘッドが n 個の部品を同時に吸着する回数が多くなるように、同一種類の部品の集まりである部品種の配列を決定する仮最適化ステップと、決定された配列において、前記制約を受ける部品を含む部品種と、その部品種と員数が近い部品からなり、かつ、前記制約を受けない部品だけからなる部品種とを入れ替え、入れ替えられた部品種の配列に基づいて部品カセットの配列を決定する入れ替えステップとを含むことを特徴とする部品実装順序最適化方法。

【請求項4】 部品を収納した部品カセットの並びから、部品を吸着し、基板に実装していく作業ヘッドを有する2つの独立した第1及び第2設備を備える部品実装機を対象とし、コンピュータにより部品の実装順序を最適化する方法において、基板上の特定の領域については前記第1及び第2設備のいずれかだけが部品を装着できるという制約を遵守しつつ部品カセットを前記第1及び第2設備のいずれかに振り分ける方法であって、

最適化の対象となる全ての部品のうち、同一種類の部品の集まりを部品種として場合に、前記第1設備だけが装着できる部品を含む部品種を特定し、その部品種を前記第1設備に割り当てる第1割り当てステップと、最適化の対象となる全ての部品のうち、前記第2設備だけが装着できる部品を含む部品種を特定し、その部品種を前記第2設備に割り当てる第2割り当てステップと、最適化の対象となる全ての部品のうち、前記第1及び第2割り当てステップでの割り当ての対象とはならなかった部品を前記第1及び第2設備のいずれかに割り当てる分割ステップとを含むことを特徴とする部品実装順序最適化方法。

【請求項5】 前記分割ステップでは、部品の装着時に

において第1設備に近い基板上の第1領域に装着すべき部品については前記第1設備に割り当て、部品の装着時において第2設備に近い基板上の第2領域に装着すべき部品については前記第2設備に割り当ててことを特徴とする請求項4記載の部品実装順序最適化方法。

【請求項6】 前記分割ステップでは、割り当てられた全ての部品を実装するための処理の大きさを示す負荷レベルが前記第1設備と前記第2設備とでほぼ等しくなるように、前記部品を前記第1及び第2設備のいずれかに割り当ててことを特徴とする請求項5記載の部品実装順序最適化方法。

【請求項7】 前記分割ステップでは、前記第1及び第2割り当てステップでの割り当ての対象とはならなかった部品に対して、員数の多い部品からなる部品の順に、配置できるだけ、前記第1設備に割り当て、配置できなかった部品種を前記第2設備に割り当てた後に、前記負荷レベルが前記第1設備と前記第2設備とでほぼ等しくなるようにすることを特徴とする請求項6記載の部品実装順序最適化方法。

【請求項8】 部品を収納した部品カセットの並びから、最大n個の部品を同時に吸着し、基板に実装していく作業ヘッドを有する2つの独立した第1及び第2設備を備える部品実装機を対象とし、コンピュータにより部品の実装順序を最適化する方法において、前記第1及び第2設備による部品実装における処理負荷が平準化されるように部品カセットを前記第1及び第2設備のいずれかに振り分ける方法であって、

最適化の対象となる全ての部品を一定規則に従って前記第1及び第2設備のいずれかに振り分けた後に、振り分けられた部品それぞれを対象として、作業ヘッドがn個の部品を同時に吸着する回数が多くなるように、関連する複数の部品種を山とする複数の山を特定する初期振り分けステップと、

割り当てられた全ての部品を実装するための処理の大きさを示す負荷レベルが前記第1設備と前記第2設備とでほぼ等しくなるように、部品種又は山の単位で、前記第1及び第2設備間を移動させる移動ステップとを含むことを特徴とする部品実装順序最適化方法。

【請求項9】 部品を収納した部品カセットの並びから、最大n個の部品を同時に吸着し、基板に実装していく作業ヘッドを有する2つの独立した第1及び第2設備を備える部品実装機を対象とし、コンピュータにより部品の実装順序を最適化する方法において、前記第1及び第2設備による部品実装における処理負荷が平準化されるように部品カセットを前記第1及び第2設備のいずれかに振り分ける方法であって、

最適化の対象となる全ての部品を一定規則に従って前記第1及び第2設備のいずれかに振り分けた後に、振り分けられた部品それぞれを対象として、作業ヘッドがn個の部品を同時に吸着する回数が多くなるように、関連す

る複数の部品種を山とする複数の山を特定する初期振り分けステップと、

割り当てられた全ての部品を実装するのに要する実装時間が前記第1設備と前記第2設備とでほぼ等しくなるように、部品、部品種又は山の単位で、前記第1及び第2設備間を移動させる移動ステップとを含むことを特徴とする部品実装順序最適化方法。

【請求項10】 前記移動ステップは、第1設備の実装時間が第2設備の実装時間よりも大きい場合において、第2設備に対して許容された数だけ既に部品種が割り当てられていることを検出するサブステップと、前記検出がなされたときに、第1設備に割り当てられている員数の多い部品種と第2設備に割り当てられている員数の少ない部品種とを入れ替えるサブステップとを含むことを特徴とする請求項9記載の部品実装順序最適化方法。

【請求項11】 部品を収納した部品カセットの並びから、最大n個の部品を同時に吸着し、基板に実装していく作業ヘッドを備える部品実装機を対象とし、コンピュータにより部品の実装順序を最適化する方法であって、部品カセットの配列を最適化する方法であって、最適化の対象となる全ての部品を、同一種類の部品の集まりを1つの部品種とする部品種の単位で、部品の員数の多い順に並べることにより、部品ヒストグラムを生成するヒストグラム生成ステップと、生成された部品ヒストグラムに対して、部品の員数が少ない部品種が先に無くなっていく順に、横軸方向に連続して並ぶn個の部品である吸着パターンを、取り出すことができなくなるまで繰り返して取り出す刈り上げステップと、

前記刈り上げステップによる取り出し後における前記部品ヒストグラムの部品を移動させることにより、当該部品ヒストグラムを、当該部品ヒストグラムの最下段を底辺とし、当該部品ヒストグラムに含まれる全ての部品を含み得る高さの平行四辺形又は長方形に変形するコア処理ステップと、

前記刈り上げステップで取り出された全ての部品と前記コア処理での移動後における全ての部品とを、横軸における位置を対応させて合成し、得られた部品ヒストグラムに基づいて部品カセットの配列を決定する合成ステップとを含むことを特徴とする部品実装順序最適化方法。

【請求項12】 前記コア処理ステップでは、前記刈り上げステップによる取り出し後における前記部品ヒストグラムに対して、前記平行四辺形又は長方形をテンプレートとして宛がい、テンプレートの外に位置する部品をテンプレート内の空き位置に移動させることによって前記変形を行うことを特徴とする請求項11記載の部品実装順序最適化方法。

【請求項13】 2種類の部品を収納し得る部品カセッ

ト(ダブルカセット)を含む部品カセットの並びから、最大 n 個の部品を同時に吸着し、基板に実装していく作業ヘッドを備える部品実装機を対象とし、コンピュータにより部品の実装順序を最適化する方法において、ダブルカセットに収納される２種類の部品は同一の送りピッチで使用されるテーピング部品でなければならないという制約を遵守しつつ部品カセットの配列を最適化する方法であって、

第１の送りピッチで使用される全ての部品に対して、作業ヘッドが n 個の部品を同時に吸着する回数が増えるように、同一種類の部品の集まりである部品種の配列を決定する第１最適化ステップと、

決定された前記配列を中間位置で切断して折り返すことにより、切断によって得られた前半部と後半部の部品種が交互に並ぶように合成する第１折り返しステップと、第２の送りピッチで使用される全ての部品に対して、作業ヘッドが n 個の部品を同時に吸着する回数が増えるように、部品種の配列を決定する第２最適化ステップと、

決定された前記配列を中間位置で切断して折り返すことにより、切断によって得られた前半部と後半部の部品種が交互に並ぶように合成する第２折り返しステップと、前記第１折り返しステップで得られた部品種の配列と前記第２折り返しステップで得られた部品種の配列とを融合し、得られた配列に基づいて部品カセットの配列を決定する融合ステップとを含むことを特徴とする部品実装順序最適化方法。

【請求項１４】 前記融合ステップでは、前記第１及び第２折り返しステップでの折り返しによって隣接することとなった前半部の部品種と後半部の部品種とのペアを維持したまま、前半部の部品種における部品の員数が多い順に前記ペアを並べ替えることによって前記融合をすることを特徴とする請求項１３記載の部品実装順序最適化方法。

【請求項１５】 前記部品実装順序最適化方法は、特定の部品種が特定の位置に配置されなければならない制約を遵守するために、さらに、融合された部品種の配列を、前記前半部に属する部品種だけからなる部品種の第１配列と前記後半部に属する部品種だけからなる部品種の第２配列とに分離する分離ステップと、前記制約を受ける部品種及び当該部品種とペアになる部品種それぞれを、前記第１及び第２配列それぞれから抜き取る抜き取りステップと、抜き出された部品種のうち、前半部に属する部品種を前記第１配列に戻して隙間を詰めるとともに、対応する前記第２配列の部品種を移動させる戻しステップと、第２配列の部品種を使用される毎に並べ直す並べ直しステップとを含むことを特徴とする請求項１４記載の部品実装順序最適化方法。

【請求項１６】 部品を収納した部品カセットの並びから、最大 n 個の部品を同時に吸着し、基板に実装していく n 個の吸着ノズルからなる作業ヘッドを備える部品実装機を対象とし、コンピュータにより部品の実装順序を最適化する方法において、最適化の対象となる部品には、特定の種類の吸着ノズルを用いて実装されなければならない部品が含まれるという制約を遵守しつつ部品カセットの配列を最適化する方法であって、

吸着ノズルの種類を単位として、員数の順に並べた部品ヒストグラムを生成するヒストグラム生成ステップと、生成された前記部品ヒストグラムの一部を含み、全ての部品を収納し得る部品ヒストグラムであって、横軸上の幅が n 個の部品となるような枠を作成する枠作成ステップと、

ヒストグラム生成ステップで生成された部品ヒストグラムに対して、員数の多い部品から、部品ヒストグラムを分割し、前記枠における当該部品ヒストグラムを含まない空き領域に詰めていく詰め込みステップと、枠に詰め込まれた部品の並びに基づいて部品カセットの配列を決定する配列決定ステップとを含むことを特徴とする部品実装順序最適化方法。

【請求項１７】 部品を収納した部品カセットの並びから、最大 n 個の部品を同時に吸着し、基板に実装していく作業ヘッドを備える部品実装機を対象とし、コンピュータにより部品の実装順序を最適化する装置において、特定の部品カセットが特定の位置に配置されなければならないという制約を遵守しつつ部品カセットの配列を最適化する装置であって、

最適化の対象となる全ての部品に対して、前記制約を考慮することなく、作業ヘッドが n 個の部品を同時に吸着する回数が増えるように、同一種類の部品の集まりである部品種の配列を第１座標軸上で決定する仮最適化手段と、

前記制約に従って、前記第１座標軸上に配列された部品種から、前記制約に係る部品種を取り出し、第２座標軸上に配置する第１移動手段と、

前記第１座標軸上に残された部品種を、その並びを維持したまま、前記第２座標軸上の既に配置された部品種の隙間に配置していく第２移動手段と、

前記第２座標軸を横軸とし、部品種に含まれる部品の員数を縦軸とする部品ヒストグラムであって、前記第２移動手段後における部品種の並びからなる部品ヒストグラムに対して、部品の員数が少ない部品種が先に無くなっていく順に、横軸方向に連続して並ぶ n 個の部品である吸着パターンを、取り出すことができなくなるまで繰り返して取り出し、部品カセットの並びにおける対応する部品カセットに割り当てる割り上げ手段と、

前記割り上げ手段による取り出し後における前記部品ヒストグラムを、横軸上の幅が n 個の部品となるようなダイヤグラムの生成を目指して、対応する部品カセットに

割り当てるコア処理手段とを備えることを特徴とする部品実装順序最適化装置。

【請求項18】 部品を収納した部品カセットの並びから、最大 n 個の部品を同時に吸着し、基板に実装していく n 個の吸着ノズルからなる作業ヘッドを備える部品実装機を対象とし、コンピュータにより部品の実装順序を最適化する装置において、基板上の特定の領域については前記 n 個の吸着ノズルのうちの m 個の吸着ノズルだけが部品を装着できるという制約を遵守しつつ部品カセットの配列を最適化する装置であって、

最適化の対象となる全ての部品のうち、前記制約を受ける部品と受けない部品それぞれを対象とし、同一種類の部品の集まりを部品種とする部品種の単位で、部品の員数の多い順に並べた2つの部品ヒストグラムを生成する部品ヒストグラム生成手段と、

前記2つの部品ヒストグラムそれぞれに対して、部品の員数が少ない部品種が先に無くなっていく順に、横軸方向に連続して並ぶ n 個の部品である吸着パターンを、取り出すことができなくなるまで繰り返して取り出し、それぞれ、第1及び第2座標軸の対応する位置に配置する割り上げ手段と、

前記割り上げ手段による取り出し後における前記2つの部品ヒストグラムそれぞれに対して、横軸上の幅が n 個の部品となるようなダイアグラムの生成を目指して、それぞれ、部品種を前記第1及び第2座標軸の対応する位置に配置するコア処理手段と、

前記コア処理手段後における前記第1及び第2座標軸に配置された部品ヒストグラムを合成し、得られた部品ヒストグラムに基づいて部品カセットの配列を決定する合成手段とを備えることを特徴とする部品実装順序最適化装置。

【請求項19】 部品を収納した部品カセットの並びから、部品を吸着し、基板に実装していく作業ヘッドを有する2つの独立した第1及び第2設備を備える部品実装機を対象とし、コンピュータにより部品の実装順序を最適化する装置において、基板上の特定の領域については前記第1及び第2設備のいずれかだけが部品を装着できるという制約を遵守しつつ部品カセットを前記第1及び第2設備のいずれかに振り分ける装置であって、最適化の対象となる全ての部品のうち、同一種類の部品の集まりを部品種として場合に、前記第1設備だけが装着できる部品を含む部品種を特定し、その部品種を前記第1設備に割り当てる第1割り当て手段と、

最適化の対象となる全ての部品のうち、前記第2設備だけが装着できる部品を含む部品種を特定し、その部品種を前記第2設備に割り当てる第2割り当て手段と、

最適化の対象となる全ての部品のうち、前記第1及び第2割り当て手段での割り当ての対象とはならなかった部品を前記第1及び第2設備のいずれかに割り当てる分割手段とを備えることを特徴とする部品実装順序最適化装

置。

【請求項20】 部品を収納した部品カセットの並びから、最大 n 個の部品を同時に吸着し、基板に実装していく作業ヘッドを有する2つの独立した第1及び第2設備を備える部品実装機を対象とし、コンピュータにより部品の実装順序を最適化する装置において、前記第1及び第2設備による部品実装における処理負荷が平準化されるように部品カセットを前記第1及び第2設備のいずれかに振り分ける装置であって、

最適化の対象となる全ての部品を一定規則に従って前記第1及び第2設備のいずれかに振り分けた後に、振り分けられた部品それぞれを対象として、作業ヘッドが n 個の部品を同時に吸着する回数が多くなるように、関連する複数の部品種を山とする複数の山を特定する初期振り分け手段と、

割り当てられた全ての部品を実装するための処理の大きさを示す負荷レベルが前記第1設備と前記第2設備とでほぼ等しくなるように、部品種又は山の単位で、前記第1及び第2設備間を移動させる移動手段とを備えることを特徴とする部品実装順序最適化装置。

【請求項21】 部品を収納した部品カセットの並びから、最大 n 個の部品を同時に吸着し、基板に実装していく作業ヘッドを有する2つの独立した第1及び第2設備を備える部品実装機を対象とし、コンピュータにより部品の実装順序を最適化する装置において、前記第1及び第2設備による部品実装における処理負荷が平準化されるように部品カセットを前記第1及び第2設備のいずれかに振り分ける装置であって、

最適化の対象となる全ての部品を一定規則に従って前記第1及び第2設備のいずれかに振り分けた後に、振り分けられた部品それぞれを対象として、作業ヘッドが n 個の部品を同時に吸着する回数が多くなるように、関連する複数の部品種を山とする複数の山を特定する初期振り分け手段と、

割り当てられた全ての部品を実装するのに要する実装時間が前記第1設備と前記第2設備とでほぼ等しくなるように、部品、部品種又は山の単位で、前記第1及び第2設備間を移動させる移動手段とを備えることを特徴とする部品実装順序最適化装置。

【請求項22】 部品を収納した部品カセットの並びから、最大 n 個の部品を同時に吸着し、基板に実装していく作業ヘッドを備える部品実装機を対象とし、コンピュータにより部品の実装順序を最適化する装置であって、部品カセットの配列を最適化する装置であって、最適化の対象となる全ての部品を、同一種類の部品の集まりを1つの部品種とする部品種の単位で、部品の員数の多い順に並べることにより、部品ヒストグラムを生成するヒストグラム生成手段と、

生成された部品ヒストグラムに対して、部品の員数が少ない部品種が先に無くなっていく順に、横軸方向に連続

して並ぶ n 個の部品である吸着パターンを、取り出すことができなくなるまで繰り返して取り出すくり上げ手段と、

前記くり上げ手段による取り出し後における前記部品ヒストグラムの部品を移動させることにより、当該部品ヒストグラムを、当該部品ヒストグラムの最下段を底辺とし、当該部品ヒストグラムに含まれる全ての部品を含み得る高さの平行四辺形又は長方形に変形するコア処理手段と、

前記くり上げ手段で取り出された全ての部品と前記コア処理での移動後における全ての部品とを、横軸における位置を対応させて合成し、得られた部品ヒストグラムに基づいて部品カセットの配列を決定する合成手段とを備えることを特徴とする部品実装順序最適化装置。

【請求項23】 2種類の部品を収納し得る部品カセット（ダブルカセット）を含む部品カセットの並びから、最大 n 個の部品を同時に吸着し、基板に実装していく作業ヘッドを備える部品実装機を対象とし、コンピュータにより部品の実装順序を最適化する装置において、ダブルカセットに収納される2種類の部品は同一の送りピッチで使用されるテーピング部品でなければならないという制約を遵守しつつ部品カセットの配列を最適化する装置であって、

第1の送りピッチで使用される全ての部品に対して、作業ヘッドが n 個の部品を同時に吸着する回数が増えるように、同一種類の部品の集まりである部品種の配列を決定する第1最適化手段と、

決定された前記配列を中間位置で切断して折り返すことにより、切断によって得られた前半部と後半部の部品種が交互に並ぶように合成する第1折り返し手段と、

第2の送りピッチで使用される全ての部品に対して、作業ヘッドが n 個の部品を同時に吸着する回数が増えるように、部品種の配列を決定する第2最適化手段と、

決定された前記配列を中間位置で切断して折り返すことにより、切断によって得られた前半部と後半部の部品種が交互に並ぶように合成する第2折り返し手段と、

前記第1折り返し手段で得られた部品種の配列と前記第2折り返し手段で得られた部品種の配列とを融合し、得られた配列に基づいて部品カセットの配列を決定する融合手段とを備えることを特徴とする部品実装順序最適化装置。

【請求項24】 部品を収納した部品カセットの並びから、最大 n 個の部品を同時に吸着し、基板に実装していく n 個の吸着ノズルからなる作業ヘッドを備える部品実装機を対象とし、コンピュータにより部品の実装順序を最適化する装置において、最適化の対象となる部品には、特定の種類の吸着ノズルを用いて実装されなければならない部品が含まれるという制約を遵守しつつ部品カセットの配列を最適化する装置であって、

吸着ノズルの種類を単位として、員数の順に並べた部品

ヒストグラムを生成するヒストグラム生成手段と、生成された前記部品ヒストグラムの一部を含み、全ての部品を収納し得る部品ヒストグラムであって、横軸上の幅が n 個の部品となるような枠を作成する枠作成手段と、

ヒストグラム生成手段で生成された部品ヒストグラムに対して、員数の多い部品から、部品ヒストグラムを分割し、前記枠における当該部品ヒストグラムを含まない空き領域に詰めていく詰め込み手段と、

枠に詰め込まれた部品の並びに基づいて部品カセットの配列を決定する配列決定手段とを備えることを特徴とする部品実装順序最適化装置。

【請求項25】 2種類の部品を収納し得る部品カセット（ダブルカセット）を含む部品カセットの並びと、最大 n 個の部品を同時に吸着し、基板に実装していく作業ヘッドとを備える部品実装機であって、

前記部品カセットは、同一の送りピッチで使用される全ての部品に対して、作業ヘッドが n 個の部品を同時に吸着する回数が増えるように、同一種類の部品の集まりである部品種の配列を作り、

得られた配列を中間位置で切断して折り返すことにより、切断によって得られた前半部と後半部の部品種が交互に並ぶように合成し、

合成の結果得られる部品種の配列を収納するように並べられていることを特徴とする部品実装機。

【請求項26】 部品を収納した部品カセットの並びから、最大 n 個の部品を同時に吸着し、基板に実装していく作業ヘッドを備える部品実装機を対象とし、コンピュータにより部品の実装順序を最適化する装置において、特定の部品カセットが特定の位置に配置されなければならないという制約を遵守しつつ部品カセットの配列を最適化する装置に用いられるプログラムであって、

最適化の対象となる全ての部品に対して、前記制約を考慮することなく、作業ヘッドが n 個の部品を同時に吸着する回数が増えるように、同一種類の部品の集まりである部品種の配列を第1座標軸上で決定する仮最適化手段と、

前記制約に従って、前記第1座標軸上に配列された部品種から、前記制約に係る部品種を取り出し、第2座標軸上に配置する第1移動手段と、

前記第1座標軸上に残された部品種を、その並びを維持したまま、前記第2座標軸上の既に配置された部品種の隙間に配置していく第2移動手段と、

前記第2座標軸を横軸とし、部品種に含まれる部品の員数を縦軸とする部品ヒストグラムであって、前記第2移動手段後における部品種の並びからなる部品ヒストグラムに対して、部品の員数が少ない部品種が先に無くなっていく順に、横軸方向に連続して並ぶ n 個の部品である吸着パターンを、取り出すことができなくなるまで繰り返す

返して取り出し、部品カセットの並びにおける対応する部品カセットに割り当てる刈り上げ手段と、前記刈り上げ手段による取り出し後における前記部品ヒストグラムを、横軸上の幅が n 個の部品となるようなダイアグラムの生成を目指して、対応する部品カセットに割り当てるコア処理手段としてコンピュータを機能させることを特徴とするプログラム。

【請求項27】 部品を収納した部品カセットの並びから、最大 n 個の部品を同時に吸着し、基板に実装していく n 個の吸着ノズルからなる作業ヘッドを備える部品実装機を対象とし、コンピュータにより部品の実装順序を最適化する装置において、基板上の特定の領域については前記 n 個の吸着ノズルのうちの m 個の吸着ノズルだけが部品を装着できるという制約を遵守しつつ部品カセットの配列を最適化する装置に用いられるプログラムであって、

最適化の対象となる全ての部品のうち、前記制約を受ける部品と受けない部品それぞれを対象とし、同一種類の部品の集まりを部品種とする部品種の単位で、部品の員数の多い順に並べた2つの部品ヒストグラムを生成する部品ヒストグラム生成手段と、

前記2つの部品ヒストグラムそれぞれに対して、部品の員数が少ない部品種が先に無くなっていく順に、横軸方向に連続して並ぶ n 個の部品である吸着パターンを、取り出すことができなくなるまで繰り返して取り出し、それぞれ、第1及び第2座標軸の対応する位置に配置する刈り上げ手段と、

前記刈り上げ手段による取り出し後における前記2つの部品ヒストグラムそれぞれに対して、横軸上の幅が n 個の部品となるようなダイアグラムの生成を目指して、それぞれ、部品種を前記第1及び第2座標軸の対応する位置に配置するコア処理手段と、

前記コア処理手段後における前記第1及び第2座標軸に配置された部品ヒストグラムを合成し、得られた部品ヒストグラムに基づいて部品カセットの配列を決定する合成手段としてコンピュータを機能させることを特徴とするプログラム。

【請求項28】 部品を収納した部品カセットの並びから、部品を吸着し、基板に実装していく作業ヘッドを有する2つの独立した第1及び第2設備を備える部品実装機を対象とし、コンピュータにより部品の実装順序を最適化する装置において、基板上の特定の領域については前記第1及び第2設備のいずれかだけが部品を装着できるという制約を遵守しつつ部品カセットを前記第1及び第2設備のいずれかに振り分ける装置に用いられるプログラムであって、

最適化の対象となる全ての部品のうち、同一種類の部品の集まりを部品種として場合に、前記第1設備だけが装着できる部品を含む部品種を特定し、その部品種を前記第1設備に割り当てる第1割り当て手段と、

最適化の対象となる全ての部品のうち、前記第2設備だけが装着できる部品を含む部品種を特定し、その部品種を前記第2設備に割り当てる第2割り当て手段と、

最適化の対象となる全ての部品のうち、前記第1及び第2割り当て手段での割り当ての対象とはならなかった部品を前記第1及び第2設備のいずれかに割り当てる分割手段としてコンピュータを機能させることを特徴とするプログラム。

【請求項29】 部品を収納した部品カセットの並びから、最大 n 個の部品を同時に吸着し、基板に実装していく作業ヘッドを有する2つの独立した第1及び第2設備を備える部品実装機を対象とし、コンピュータにより部品の実装順序を最適化する装置において、前記第1及び第2設備による部品実装における処理負荷が平準化されるように部品カセットを前記第1及び第2設備のいずれかに振り分ける装置に用いられるプログラムであって、最適化の対象となる全ての部品を一定規則に従って前記第1及び第2設備のいずれかに振り分けた後に、振り分けられた部品それぞれを対象として、作業ヘッドが n 個の部品を同時に吸着する回数が多くなるように、関連する複数の部品種を山とする複数の山を特定する初期振り分け手段と、

割り当てられた全ての部品を実装するための処理の大きさを示す負荷レベルが前記第1設備と前記第2設備とでほぼ等しくなるように、部品種又は山の単位で、前記第1及び第2設備間を移動させる移動手段としてコンピュータを機能させることを特徴とするプログラム。

【請求項30】 部品を収納した部品カセットの並びから、最大 n 個の部品を同時に吸着し、基板に実装していく作業ヘッドを有する2つの独立した第1及び第2設備を備える部品実装機を対象とし、コンピュータにより部品の実装順序を最適化する装置において、前記第1及び第2設備による部品実装における処理負荷が平準化されるように部品カセットを前記第1及び第2設備のいずれかに振り分ける装置に用いられるプログラムであって、最適化の対象となる全ての部品を一定規則に従って前記第1及び第2設備のいずれかに振り分けた後に、振り分けられた部品それぞれを対象として、作業ヘッドが n 個の部品を同時に吸着する回数が多くなるように、関連する複数の部品種を山とする複数の山を特定する初期振り分け手段と、

割り当てられた全ての部品を実装するのに要する実装時間が前記第1設備と前記第2設備とでほぼ等しくなるように、部品、部品種又は山の単位で、前記第1及び第2設備間を移動させる移動手段としてコンピュータを機能させることを特徴とするプログラム。

【請求項31】 部品を収納した部品カセットの並びから、最大 n 個の部品を同時に吸着し、基板に実装していく作業ヘッドを備える部品実装機を対象とし、コンピュータにより部品の実装順序を最適化する装置に用いられ

るプログラムであって、部品カセットの配列を最適化する装置に用いられるプログラムであって、最適化の対象となる全ての部品を、同一種類の部品の集まりを1つの部品種とする部品種の単位で、部品の員数の多い順に並べることにより、部品ヒストグラムを生成するヒストグラム生成手段と、

生成された部品ヒストグラムに対して、部品の員数が少ない部品種が先に無くなっていく順に、横軸方向に連続して並ぶ n 個の部品である吸着パターンを、取り出すことができなくなるまで繰り返して取り出す繰り返し手段と、

前記繰り返し手段による取り出し後における前記部品ヒストグラムの部品を移動させることにより、当該部品ヒストグラムを、当該部品ヒストグラムの最下段を底辺とし、当該部品ヒストグラムに含まれる全ての部品を含み得る高さの平行四辺形又は長方形に変形するコア処理手段と、

前記繰り返し手段で取り出された全ての部品と前記コア処理での移動後における全ての部品とを、横軸における位置を対応させて合成し、得られた部品ヒストグラムに基づいて部品カセットの配列を決定する合成手段としてコンピュータを機能させることを特徴とするプログラム。

【請求項32】 2種類の部品を収納し得る部品カセット（ダブルカセット）を含む部品カセットの並びから、最大 n 個の部品を同時に吸着し、基板に実装していく作業ヘッドを備える部品実装機を対象とし、コンピュータにより部品の実装順序を最適化する装置において、ダブルカセットに収納される2種類の部品は同一の送りピッチで使用されるテーピング部品でなければならないという制約を遵守しつつ部品カセットの配列を最適化する装置に用いられるプログラムであって、

第1の送りピッチで使用される全ての部品に対して、作業ヘッドが n 個の部品を同時に吸着する回数が増えるように、同一種類の部品の集まりである部品種の配列を決定する第1最適化手段と、

決定された前記配列を中間位置で切断して折り返すことにより、切断によって得られた前半部と後半部の部品種が交互に並ぶように合成する第1折り返し手段と、

第2の送りピッチで使用される全ての部品に対して、作業ヘッドが n 個の部品を同時に吸着する回数が増えるように、部品種の配列を決定する第2最適化手段と、

決定された前記配列を中間位置で切断して折り返すことにより、切断によって得られた前半部と後半部の部品種が交互に並ぶように合成する第2折り返し手段と、

前記第1折り返し手段で得られた部品種の配列と前記第2折り返し手段で得られた部品種の配列とを融合し、得られた配列に基づいて部品カセットの配列を決定する融合手段としてコンピュータを機能させることを特徴とするプログラム。

【請求項33】 部品を収納した部品カセットの並びから、最大 n 個の部品を同時に吸着し、基板に実装していく n 個の吸着ノズルからなる作業ヘッドを備える部品実装機を対象とし、コンピュータにより部品の実装順序を最適化する装置において、最適化の対象となる部品には、特定の種類の吸着ノズルを用いて実装されなければならない部品が含まれるという制約を遵守しつつ部品カセットの配列を最適化するプログラムであって、吸着ノズルの種類を単位として、員数の順に並べた部品ヒストグラムを生成するヒストグラム生成手段と、生成された前記部品ヒストグラムの一部を含み、全ての部品を収納し得る部品ヒストグラムであって、横軸上の幅が n 個の部品となるような枠を作成する枠作成手段と、

ヒストグラム生成手段で生成された部品ヒストグラムに対して、員数の多い部品から、部品ヒストグラムを分割し、前記枠における当該部品ヒストグラムを含まない空き領域に詰めていく詰め込み手段と、枠に詰め込まれた部品の並びに基づいて部品カセットの配列を決定する配列決定手段としてコンピュータを機能させることを特徴とするプログラム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、部品実装機によって電子部品をプリント配線基板等の基板に実装するときの最適な順序を決定する方法等に関し、特に、複数の部品を同時に吸着して基板に装着する作業ヘッドを備える部品実装機を対象とする部品実装順序の最適化に関する。

【0002】

【従来の技術】電子部品をプリント配線基板等の基板に実装する部品実装機では、より短いタクト（実装時間）を実現するために、対象部品の実装順序について、最適化が行われる。具体的には、部品実装機が装備する部品カセット群における各部品カセットの配列順序を最適化しておく必要がある。

【0003】そのための従来の技術として、例えば、特開平05-104364号公報に開示された部品装着順序最適化方法がある。この方法では、（1）部品カセット群を、その部品に適用される装着スピードによってグループ分けし、同一グループ内の部品カセットを、2個ずつ組み合わせたときの装着点数の和が均等化されるように、同一基板に対する装着点数の多いものと少ないものを適宜組み合わせるペア群を構成し、（2）このカセットグループを装着スピード順に配置し、かつ、同一グループ内においては前記ペア毎に並べることによって、カセットの配列順序を決定し、（3）その後に、部品の装着順序のみをパラメータとして最適化処理を行う。

【0004】これによって、カセット配列順序と部品の装着順序という2つのパラメータによる複雑な最適化が

回避され、単一のパラメータによる短時間での最適化が実現される、というものである。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このような従来の最適化方法は、作業ヘッドの吸着率（作業ヘッドによる部品の吸着→移動→装着という一連の繰り返し動作における1回の動作において吸着される部品の個数と同時吸着可能な最大個数との比）が考慮されていないために、複数（例えば、10個）の部品を同時吸着して基板に装着していく高機能な作業ヘッドを備える部品実装機に適用することができないという問題がある。

【0006】特に、最近の携帯電話機やノートパソコン等の電子機器の急激な需要の増大に伴い、複数の部品を同時に吸着し、基板に装着していく生産性の高い作業ヘッドを備える部品実装機が開発されており、そのような高機能な部品実装機に対応した新たな部品実装順序の最適化方法が望まれている。また、部品実装順序の最適化は、リソース（部品カセットの個数等）が有限であることや、人手による作業を極力避けたいとの要求等のために、特定の部品（又は、部品カセット）は特定の位置に装着されなければならない（配列固定）等の様々な制約を遵守することが要求される。

【0007】そこで、本発明は、かかる問題点に鑑みてなされたものであり、様々な制約下において、複数の部品を同時吸着して基板に装着していく作業ヘッドを備える部品実装機を対象として部品の実装順序を最適化する方法、その装置及び部品実装機等を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明に係る部品実装順序最適化方法は、部品を収納した部品カセットの並びから、最大 n 個の部品を同時に吸着し、基板に実装していく作業ヘッドを備える部品実装機を対象とし、コンピュータにより部品の実装順序を最適化する方法において、特定の部品カセットが特定の位置に配置されなければならないという制約を遵守しつつ部品カセットの配列を最適化する方法であって、最適化の対象となる全ての部品に対して、前記制約を考慮することなく、作業ヘッドが n 個の部品を同時に吸着する回数が多くなるように、同一種類の部品の集まりである部品種の配列を第1座標軸上で決定する仮最適化ステップと、前記制約に従って、前記第1座標軸上に配列された部品種から、前記制約に係る部品種を取り出し、第2座標軸上に配置する第1移動ステップと、前記第1座標軸上に残された部品種を、その並びを維持したまま、前記第2座標軸上の既に配置された部品種の隙間に配置していく第2移動ステップと、前記第2座標軸を横軸とし、部品種に含まれる部品の員数を縦軸とする部品ヒストグラムであって、前記第2移動ステップ後における部品種の並びからなる部品ヒストグラムに対して、部品の

員数が少ない部品種が先に無くなっていく順に、横軸方向に連続して並ぶ n 個の部品である吸着パターンを、取り出すことができなくなるまで繰り返して取り出し、部品カセットの並びにおける対応する部品カセットに割り当てる刈り上げステップと、前記刈り上げステップによる取り出し後における前記部品ヒストグラムを、横軸上の幅が n 個の部品となるようなダイアグラムの生成を目指して、対応する部品カセットに割り当てるコア処理ステップとを含むことを特徴とする。

【0009】具体的には、(1)仮Z軸（部品カセットが並べられる軸）上で、配列固定を考慮せずに部品種の配列を最適化する。つまり、同時吸着を優先した部品ヒストグラムを作成する。(2)配列固定の対象となっている部品種を仮Z軸から実Z軸へ移動する。(3)配列固定の対象でない部品種（部品テープ）を仮Z軸から実Z軸へ移動する。このとき、配列固定された部品種（部品テープ）の隙間に配列固定の対象でない部品種（部品テープ）を配置していく。最後に、実Z軸上の部品種（部品テープ）から、刈り上げ処理（同時吸着を考慮した部品配列決定）により、吸着パターンを生成する。

【0010】また、本発明に係る部品実装順序最適化方法は、部品を収納した部品カセットの並びから、最大 n 個の部品を同時に吸着し、基板に実装していく n 個の吸着ノズルからなる作業ヘッドを備える部品実装機を対象とし、コンピュータにより部品の実装順序を最適化する方法において、基板上の特定の領域については前記 n 個の吸着ノズルのうちの m 個の吸着ノズルだけが部品を装着できるという制約を遵守しつつ部品カセットの配列を最適化する方法であって、最適化の対象となる全ての部品のうち、前記制約を受ける部品と受けない部品それぞれを対象とし、同一種類の部品の集まりを部品種とする部品種の単位で、部品の員数の多い順に並べた2つの部品ヒストグラムを生成する部品ヒストグラム生成ステップと、前記2つの部品ヒストグラムそれぞれに対して、部品の員数が少ない部品種が先に無くなっていく順に、横軸方向に連続して並ぶ n 個の部品である吸着パターンを、取り出すことができなくなるまで繰り返して取り出し、それぞれ、第1及び第2座標軸の対応する位置に配置する刈り上げステップと、前記刈り上げステップによる取り出し後における前記2つの部品ヒストグラムそれぞれに対して、横軸上の幅が n 個の部品となるようなダイアグラムの生成を目指して、それぞれ、部品種を前記第1及び第2座標軸の対応する位置に配置するコア処理ステップと、前記コア処理ステップ後における前記第1及び第2座標軸に配置された部品ヒストグラムを合成し、得られた部品ヒストグラムに基づいて部品カセットの配列を決定する合成ステップとを含むことを特徴とする。

【0011】また、本発明に係る部品実装順序最適化方法は、部品を収納した部品カセットの並びから、部品の

吸着し、基板に実装していく作業ヘッドを有する2つの独立した第1及び第2設備を備える部品実装機を対象とし、コンピュータにより部品の実装順序を最適化する方法において、基板上の特定の領域については前記第1及び第2設備のいずれかだけが部品を装着できるという制約を遵守しつつ部品カセットを前記第1及び第2設備のいずれかに振り分ける方法であって、最適化の対象となる全ての部品のうち、同一種類の部品の集まりを部品種として場合に、前記第1設備だけが装着できる部品を含む部品種を特定し、その部品種を前記第1設備に割り当てる第1割り当てステップと、最適化の対象となる全ての部品のうち、前記第2設備だけが装着できる部品を含む部品種を特定し、その部品種を前記第2設備に割り当てる第2割り当てステップと、最適化の対象となる全ての部品のうち、前記第1及び第2割り当てステップでの割り当ての対象とはならなかった部品を前記第1及び第2設備のいずれかに割り当てる分割ステップとを含むことを特徴とする。

【0012】また、本発明に係る部品実装順序最適化方法は、部品を収納した部品カセットの並びから、最大n個の部品を同時に吸着し、基板に実装していく作業ヘッドを有する2つの独立した第1及び第2設備を備える部品実装機を対象とし、コンピュータにより部品の実装順序を最適化する方法において、前記第1及び第2設備による部品実装における処理負荷が平準化されるように部品カセットを前記第1及び第2設備のいずれかに振り分ける方法であって、最適化の対象となる全ての部品を一定規則に従って前記第1及び第2設備のいずれかに振り分けた後に、振り分けられた部品それぞれを対象として、作業ヘッドがn個の部品を同時に吸着する回数が多くなるように、関連する複数の部品種を山とする複数の山を特定する初期振り分けステップと、割り当てられた全ての部品を実装するための処理の大きさを示す負荷レベルが前記第1設備と前記第2設備とでほぼ等しくなるように、部品種又は山の単位で、前記第1及び第2設備間を移動させる移動ステップとを含むことを特徴とする。

【0013】また、本発明に係る部品実装順序最適化方法は、部品を収納した部品カセットの並びから、最大n個の部品を同時に吸着し、基板に実装していく作業ヘッドを有する2つの独立した第1及び第2設備を備える部品実装機を対象とし、コンピュータにより部品の実装順序を最適化する方法において、前記第1及び第2設備による部品実装における処理負荷が平準化されるように部品カセットを前記第1及び第2設備のいずれかに振り分ける方法であって、最適化の対象となる全ての部品を一定規則に従って前記第1及び第2設備のいずれかに振り分けた後に、振り分けられた部品それぞれを対象として、作業ヘッドがn個の部品を同時に吸着する回数が多くなるように、関連する複数の部品種を山とする複数の

山を特定する初期振り分けステップと、割り当てられた全ての部品を実装するのに要する実装時間が前記第1設備と前記第2設備とでほぼ等しくなるように、部品、部品種又は山の単位で、前記第1及び第2設備間を移動させる移動ステップとを含むことを特徴とする。

【0014】また、本発明に係る部品実装順序最適化方法は、部品を収納した部品カセットの並びから、最大n個の部品を同時に吸着し、基板に実装していく作業ヘッドを備える部品実装機を対象とし、コンピュータにより部品の実装順序を最適化する方法であって、部品カセットの配列を最適化する方法であって、最適化の対象となる全ての部品を、同一種類の部品の集まりを1つの部品種とする部品種の単位で、部品の員数の多い順に並べることにより、部品ヒストグラムを生成するヒストグラム生成ステップと、生成された部品ヒストグラムに対して、部品の員数が少ない部品種が先に無くなっていく順に、横軸方向に連続して並ぶn個の部品である吸着パターンを、取り出すことができなくなるまで繰り返して取り出す刈り上げステップと、前記刈り上げステップによる取り出し後における前記部品ヒストグラムの部品を移動させることにより、当該部品ヒストグラムを、当該部品ヒストグラムの最下段を底辺とし、当該部品ヒストグラムに含まれる全ての部品を含み得る高さの平行四辺形又は長方形に変形するコア処理ステップと、前記刈り上げステップで取り出された全ての部品と前記コア処理での移動後における全ての部品とを、横軸における位置を対応させて合成し、得られた部品ヒストグラムに基づいて部品カセットの配列を決定する合成ステップとを含むことを特徴とする。

【0015】また、本発明に係る部品実装順序最適化方法は、2種類の部品を収納し得る部品カセット（ダブルカセット）を含む部品カセットの並びから、最大n個の部品を同時に吸着し、基板に実装していく作業ヘッドを備える部品実装機を対象とし、コンピュータにより部品の実装順序を最適化する方法において、ダブルカセットに収納される2種類の部品は同一の送りピッチで使用されるテーピング部品でなければならないという制約を遵守しつつ部品カセットの配列を最適化する方法であって、第1の送りピッチで使用される全ての部品に対して、作業ヘッドがn個の部品を同時に吸着する回数が多くなるように、同一種類の部品の集まりである部品種の配列を決定する第1最適化ステップと、決定された前記配列を中間位置で切断して折り返すことにより、切断によって得られた前半部と後半部の部品種が交互に並ぶように合成する第1折り返しステップと、第2の送りピッチで使用される全ての部品に対して、作業ヘッドがn個の部品を同時に吸着する回数が多くなるように、部品種の配列を決定する第2最適化ステップと、決定された前記配列を中間位置で切断して折り返すことにより、切断によって得られた前半部と後半部の部品種が交互に並ぶ

ように合成する第2折り返しステップと、前記第1折り返しステップで得られた部品種の配列と前記第2折り返しステップで得られた部品種の配列とを融合し、得られた配列に基づいて部品カセットの配列を決定する融合ステップとを含むことを特徴とする。

【0016】また、本発明は、上記部品実装順序最適化方法におけるステップを手段とする装置としたり、その結果得られる部品種や部品カセットの並びを備える部品実装機としたり、汎用のコンピュータで実行されるプログラムとして実現したりすることもできる。

【0017】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について、以下の目次に従って、図面を用いて詳細に説明する。

—目次—

1. 部品実装システム

1.1 部品実装システムの構成

1.2 部品実装機の構成

1.3 最適化装置の構成

1.3.1 ハードウェアの構成

1.3.2 ソフトウェアの構成

1.4 モデリング

1.4.1 最適化の対象とした部品実装機

1.4.2 入力データ

1.4.3 出力データ

1.4.4 最適化装置の役割

2. 最適化装置による最適化アルゴリズムの概要

2.1 「刈り上げ法」

2.1.1 「タスクグループ法」(第1ステップ)

2.1.2 「タスクグループ法」の課題

2.1.3 「刈り上げ法」(第2ステップ)

2.1.4 関連する個別処理

2.2 「交差解消法」

2.2.1 「貪欲法」(第1ステップ)

2.2.2 「貪欲法」の課題

2.2.3 「交差解消法」(第2ステップ)

2.2.4 関連する個別処理

2.3 「戻り最適化法」

2.3.1 部品実装動作の再検討

2.3.2 「戻り」行程の最適化の必要性

2.3.3 「戻り最適化法」(第2ステップ)

2.3.4 関連する個別処理

2.4 配列固定処理

2.4.1 概要

2.4.2 関連する個別処理

2.5 LLサイズ基板への対応

2.5.1 概要

2.5.2 Z軸上の部品種の入れ替え

2.5.3 吸着方法の変更

2.5.4 関連する個別処理

2.6 XLサイズ基板への対応

2.6.1 概要

2.6.2 関連する個別処理

2.7 負荷バランス処理

2.7.1 概要

2.7.2 バランス調整方法のレベル

2.7.3 関連する個別処理

2.8 ラインバランス処理

2.8.1 概要

2.8.2 バランス調整方法のレベル

2.8.3 関連する個別処理

3. 最適化装置による個別処理の詳細

3.1 「刈り上げ法」

3.2 平行四辺形によるカセット分割(テンプレートを使用)

3.3 長方形によるカセット分割

3.4 与えられたカセット本数でのコア処理方法

3.5 小部品のタスク生成処理

3.6 「交差解消法」(try_to_exchange)

3.6.1 概略

3.6.2 注意事項

3.6.3 アルゴリズム仕様

3.7 「戻り最適化法」

3.7.1 概略

3.7.2 アルゴリズム仕様

3.8 全体の流れ(ヒストグラムからスタート)

3.9 カセットブロック内の固定部品と山配置関係

3.10 配列固定: 固定先の使用可否判断

3.11 ダブルカセットの配列固定について

3.12 LL制約: 吸着方法の変更(1)

3.13 LL制約: 吸着方法の変更(2)

3.14 LL制約: Z軸上の部品種の入れ替え(1)

3.15 LL制約: Z軸上の部品種の入れ替え(2)

3.16 XLサイズ基板への対応(XL制約)

3.17 負荷レベルバランス調整処理(「山」単位)

3.18 負荷レベルバランス調整処理(部品種単位)

3.19 前設備から後設備へ山を移動する処理

3.20 前設備から後設備へ部品種を移動する処理(A)

3.21 前設備から後設備へ実装点を移動する処理

3.22 ラインバランス処理でのスワップ処理

3.23 ダブルカセットの「刈り上げ法」

3.24 ノズル交換アルゴリズム

4. 画面表示例

4.1 メイン画面

4.2 開く画面

4.3 最適化詳細情報画面

4.4 カセット個数設定画面

4.5 部品分割数設定画面

- 4. 6 ノズル本数設定画面
- 4. 7 ノズルステーション選択画面
- 4. 8 オプション設定画面
- 4. 9 Z軸情報画面
- 4. 10 ノズルステーション情報画面

5. 用語の説明

以上の目次に示された各項目の説明は以下の通りである。

1. 部品実装システム

1. 1 部品実装システムの構成

図1は、本発明に係る部品実装システム10全体の構成を示す外観図である。この部品実装システム10は、上流から下流に向けて回路基板20を送りながら電子部品を実装していく生産ラインを構成する複数の部品実装機100、200と、生産の開始等にあたり、各種データベースに基づいて必要な電子部品の実装順序を最適化し、得られたNCデータを部品実装機100、200にダウンロードして設定・制御する最適化装置300とからなる。

【0018】部品実装機100は、同時かつ独立して、又は、お互いが協調して（又は、交互動作にて）部品実装を行う2つの実装ユニット（第1実装ユニット110及び第2実装ユニット120）を備える。各実装ユニット110（120）は、テーピング部品を収納する最大48個の部品カセット114の配列からなる2つの部品供給部115a及びbと、それら部品カセット114から最大10個の部品を同時吸着し基板に装着することができる10個の吸着ノズル（以下、単に「ノズル」ともいう。）を有する作業ヘッド112（10ノズルヘッド）と、その作業ヘッド112を移動させるXYロボット113と、作業ヘッド112に吸着された部品の吸着状態を2次元又は3次元的に検査するための認識カメラ116と、トレイ部品を供給するトレイ供給部117等を備える。

1. 2 部品実装機の構成

図2は、部品実装機100の主要な構成を示す平面図である。シャトルコンベア118は、トレイ供給部117から取り出された部品を載せて、作業ヘッド112による吸着可能な所定位置まで運搬するための移動テーブル（回収コンベア）である。ノズルステーション119は、各種形状の部品種に対応するための交換用ノズルが置かれるテーブルである。

【0019】各実装ユニット110（又は120）を構成する2つの部品供給部115a及びbは、それぞれ、認識カメラ116を挟んで左右に配置されている。したがって、部品供給部115a又は115bにおいて部品を吸着した作業ヘッド112は、認識カメラ116を通過した後に、基板の実装点に移動し、吸着した全ての部品を順次装着していく動作を繰り返す。

【0020】ここで、作業ヘッド112による部品の吸

着・移動・装着という一連の動作の繰り返しにおける1回分の動作（吸着・移動・装着）、又は、そのような1回分の動作によって実装される部品群を「タスク」と呼ぶ。例えば、10ノズルヘッド112によれば、1個のタスクによって実装される部品の最大数は10となる。なお、ここでいう「吸着」（及び「同時吸着」）には、ヘッドが部品を吸着し始めてから移動するまでの全ての吸着動作が含まれ、例えば、1回の吸着動作で10個の部品を吸着する場合だけでなく、複数回の吸着動作（ヘッドの上下動作）によって10個の部品を吸着する場合も含まれる。

【0021】図3は、作業ヘッド112と部品カセット114の位置関係を示す模式図である。この作業ヘッド112は、「ギャングピックアップ方式」と呼ばれるヘッドであり、最大10個の吸着ノズル112a～112b10を装着することが可能であり、このときには、最大10個の部品カセット114それぞれから部品を同時に吸着することができる。

【0022】なお、「シングルカセット」と呼ばれる部品カセット114には1つの部品種（テーピング部品等）だけが装填され、「ダブルカセット」と呼ばれる部品カセット114には2つの部品種（ただし、送りピッチ（2mm又は4mm）が同一のテーピング部品に限られる）が装填される。また、部品供給部115a及びbにおける部品カセット114の位置又は並びを「Z軸」又は「Z軸上の位置」と呼び、部品供給部115aの最左端を「1」とする連続番号等が用いられる。したがって、テーピング部品についての部品種の実装順序を決定することは、各部品種（又は、それら部品を収納した部品カセット114）のZ軸を決定することに等しい。

【0023】図4（a）は、実装ユニット110及び120それぞれの部品供給部115a、b及び215a、bの具体的な構成例を示し、図4（b）は、その構成における各種部品カセット114の搭載本数及びZ軸上の位置を示す表である。図4（a）に示されるように、各部品供給部115a、115b、215a、215bは、それぞれ、最大48個のテーピング部品を搭載することができる（それぞれの位置は、Z1～Z48、Z49～Z96、Z97～Z144、Z145～Z192）。具体的には、図4（b）に示されるように、テープ幅が8mmのテーピング部品を2つ収納したダブルカセットを用いることで、各部品供給部（Aブロック～Dブロック）に最大48種類の部品を搭載することができる。テープ幅の大きい部品（部品カセット）ほど、1つのブロックに搭載できるカセット本数は減少する。

【0024】図5（a）及び（b）は、10ノズルヘッドが吸着可能な部品供給部の位置（Z軸）の例を示す図及び表である。なお、図中のH1～10は、10ノズルヘッドに搭載されたノズル（の位置）を指す。ここでは、10ノズルヘッドの各ノズルの間隔は、1つのダブ

ルカセットの幅(16mm)に相当するので、1回の上下動により吸着される部品のZ番号は、1つおき(奇数のみ又は偶数のみ)となる。また、10ノズルヘッドのZ軸方向における移動制約により、図5(b)に示されるように、各部品供給部の一端を構成する部品(Z軸)に対しては、吸着することができないノズル(図中の「-」)が存在する。

【0025】次に、図6～図8を用いて、部品カセット114の詳細な構造を説明する。図6(a)、(b)、(c)、(d)に示すような各種チップ形電子部品423a～423dを図7に示すキャリアテープ424に一定間隔で複数個連続的に形成された収納凹部424aに収納し、この上面にカバーテープ425を貼付けて包装し、供給用リール426に所定の数量分を巻回したテーピング形態でユーザーに供給されている。

【0026】このようなテーピング電子部品423dは図8に示すような部品カセット114に装着されて使用されるものであり、図8において供給用リール426は本体フレーム427に結合されたリール側板428に回転自在に取り付けられている。この供給用リール426より引き出されたキャリアテープ424は送りローラ429に案内され、この電子部品供給装置が搭載された電子部品自動装着装置(図示せず)の動作に連動し、同装置に設けられたフィードレバー(同じく図示せず)により電子部品供給装置の送りレバー430が図中の矢印Y1方向に移動し、送りレバー430に取り付けられているリンク431を介してラチェット432を定角度回転させる。そしてラチェット432に連動した前記送りローラ429を定ピッチ(たとえば、2mm又は4mmの送りピッチ)だけ動かす。

【0027】また、キャリアテープ424は送りローラ429の手前(供給用リール426側)のカバーテープ剥離部433でカバーテープ425を引き剥がし、引き剥がしたカバーテープ425はカバーテープ巻取りリール434に巻取られ、カバーテープ425を引き剥がされたキャリアテープ424は電子部品取り出し部435に搬送され、前記送りローラ429がキャリアテープ424を搬送するのと同時に前記ラチェット432に連動して開口する電子部品取り出し部435より真空吸着ヘッド(図示せず)により収納凹部424aに収納されたチップ形電子部品423dを吸着して取り出す。その後、送りレバー430は上記フィードレバーによる押し力を解除されて引張りバネ436の付勢力でもって同Y2方向に、すなわち元の位置にもどる。

【0028】上記一連の動作が繰り返されると使用済のキャリアテープ424は電子部品供給装置の外部へ排出され、上記電子部品自動供給装置の動作と連動しているカッター(図示せず)で細かく切断して廃棄されるように構成されている。なお、部品カセット114は、2つのキャリアテープ424を収納するダブルカセットのタ

イプである場合には、収納している2つのキャリアテープ424を同一の送りピッチでのみ供給していくことができるものとする。

1.3 最適化装置の構成

1.3.1 ハードウェアの構成

最適化装置300は、本発明に係る最適化プログラムをパーソナルコンピュータ等の汎用のコンピュータシステムが実行することによって実現される。

【0029】図9は、図1に示された最適化装置300のハードウェア構成を示すブロック図である。この最適化装置300は、生産ラインを構成する各設備の仕様等に基づく各種制約の下で、対象となる基板の部品実装におけるラインタクト(ラインを構成するサブ設備ごとのタクトのうち、最大のタクト)を最小化するように、部品実装用CAD装置等から与えられた全ての部品を対象として、各サブ設備で実装すべき部品及び各サブ設備における部品の実装順序を決定し、最適なNCデータを生成するコンピュータ装置であり、演算制御部301、表示部302、入力部303、メモリ部304、最適化プログラム格納部305、通信I/F(インターフェース)部306及びデータベース部307等から構成される。

【0030】なお、タクトとは、対象の部品を実装するのに要する総時間である。演算制御部301は、CPUや数値プロセッサ等であり、ユーザからの指示等に従って、最適化プログラム格納部305からメモリ部304に必要なプログラムをロードして実行し、その実行結果に従って、各構成要素302～307を制御する。

【0031】表示部302はCRTやLCD等であり、入力部303はキーボードやマウス等であり、これらは、演算制御部301による制御の下で、本最適化装置300と操作者が対話する等のために用いられる。具体的なユーザーインターフェースは、後述の画面表示例で説明している通りである。通信I/F部306は、LANアダプタ等であり、本最適化装置300と部品実装機100、200との通信に用いられる。

【0032】メモリ部304は、演算制御部301による作業領域を提供するRAM等である。最適化プログラム格納部305は、本最適化装置300の機能を実現する各種プログラムを記憶しているハードディスク等である。データベース部307は、この最適化装置300による最適化処理に用いられる入力データ(実装点データ307a、部品ライブラリ307b及び実装装置情報307c)や最適化によって生成された実装点データ等を記憶するハードディスク等である。

【0033】図10～図12は、それぞれ、実装点データ307a、部品ライブラリ307b及び実装装置情報307cの例を示す。実装点データ307aは、実装の対象となる全ての部品の実装点を示す情報の集まりである。図10に示されるように、1つの実装点piは、部

品種 c_i 、X座標 x_i 、Y座標 y_i 、制御データ ϕ_i からなる。ここで、「部品種」は、図11に示される部品ライブラリ307bにおける部品名に相当し、「X座標」及び「Y座標」は、実装点の座標（基板上の特定位置を示す座標）であり、「制御データ」は、その部品の実装に関する制約情報（使用可能な吸着ノズルのタイプ、作業ヘッド112の最高移動速度等）である。なお、最終的に求めるべきNCデータとは、ラインタクトが最小となるような実装点の並びである。

【0034】部品ライブラリ307bは、部品実装機100、200が扱うことができる全ての部品種それぞれについての固有の情報を集めたライブラリであり、図11に示されるように、部品種ごとの部品サイズ、タクト（一定条件下における部品種に固有のタクト）、その他の制約情報（使用可能な吸着ノズルのタイプ、認識カメラ116による認識方式、作業ヘッド112の最高速度比等）からなる。なお、本図には、参考として、各部品種の外観も併せて示されている。

【0035】実装装置情報307cは、生産ラインを構成する全てのサブ設備（独立して部品実装を実行する装置単位で、実装ユニット又は部品実装機）ごとの装置構成や制約を示す情報であり、図12に示されるように、作業ヘッドのタイプ等に関するヘッド情報、作業ヘッドに装着され得る吸着ノズルのタイプ等に関するノズル情報、部品カセット114の最大数等に関するカセット情報、トレイ供給部117が収納しているトレイの段数等に関するトレイ情報等からなる。

1. 3. 2 ソフトウェアの構成

図13は、図9に示された最適化プログラム格納部305に格納されている最適化プログラムの機能構成を示すモジュール構成図である。なお、本図は、最適化装置300による全ての処理に対応するフローチャートに相当する。つまり、上方のモジュールから下方に向けて順に実行され、また、1つの機能（モジュール）が、ネストして配置された複数のモジュールの実行（又は、その繰り返し実行）によって実現されることが示されている。

【0036】なお、本図において、二重線で囲まれたモジュールは、本願発明に関連する処理（機能）であり、本願発明が考案される直前（以下、「第1ステップ」という。）における技術と区別し、「第2ステップ」の技術と呼ぶ。ここで、第1ステップにおける技術は、例えば、特願2000-237681の特許明細書等に開示されている技術等に相当する。

【0037】本図に示されるように、最適化処理全体は、以下の5つの大きなステップ、つまり、(i)実装点データを読み込み（ステップ305a）、(ii)部品リストを作成し（ステップ305b）、(iii)部品グループを作成し（ステップ305c）、(iv)初期振り分けを行い（ステップ305c）、(v)一定条件が満たされるまでラインバランス処理を繰り返し（ステップ305

e）、(vi)生成されたNCデータ（最適化後の実装点データ）を出力する（ステップ305f）ことによって、完了する。

【0038】これら各ステップの概要は以下の通りである。ステップ305aでは、演算制御部301による制御の下で、データベース部307から必要なデータ307a～cがメモリ部304等を読み出される。ステップ305bでは、読み出された実装点データ307a等に基づいて、最適化装置300は、部品種ごとの個数等をカウントすることで、部品リストを作成する。

【0039】ステップ305cでは、作成された部品リスト等に基づいて、全ての実装部品を、部品厚みの点から、例えば、図14(a)に示されるような9つの部品グループG[1]～G[9]に分類する。具体的には、実装点データ307aが示す全ての部品種を参照することで、図14(b)に示されるような、同一部品種ごとの員数を示す部品リストと、部品ライブラリ307bにおける部品サイズを参照することで、全ての部品種それぞれを9つの部品グループG[1]～G[9]のいずれかに対応づける。

【0040】ステップ305dでは、最適化装置300は、上記9つの部品グループをタスクグループの単位で各サブ設備でのタクトがほぼ等しくなるようにラフに振り分ける。つまり、粗い調整によるラインバランスの最適化を行う。ここで、「タスクグループ」とは、部品の同時吸着という観点から関連したタスクの集まりをいう。

【0041】図15は、タスクグループのサブ設備への初期振り分けの様子を示す図である。最適化装置300は、部品厚みの薄い部品グループが先となるように全てのタスクグループを一行に並べ、その並びに対して、先頭から順に、サブ設備ごとのタクトが以下の式で示される値 θ に近くなるように、各タスクグループを上流のサブ設備から順に振り分けていく。

【0042】 $\theta = (\text{全部品グループを対象とした総タクト}) / \text{サブ設備の総数 } N$

なお、「全部品グループを対象とした総タクト」は、実装点データ307a及び部品ライブラリ307bを参照することにより特定され、「サブ設備の総数 N 」は、実装装置情報307cを参照することにより特定される。

ステップ305eでは、最適化装置300は、部品厚みの薄い部品グループから順に実装することを遵守しつつ、ラインタクトが最小となるように、ラインバランスを最適化（サブ設備ごとのタクトを平準化）する。そのために、ラフに振り分けられた各サブ設備ごとのタスクグループをサブ設備間で移動させることによりラインタクトを最小化したり、最適化された状態（タスクグループの振り分け）に対して、部品種を単位として、同様の手順でラインバランスを最適化したりする。なお、「状態」とは、対象となっている部品又は部品種がとり得る

実装順序における個々をいう。

【0043】このとき、小部品（ここでは、部品グループG〔1〕～G〔5〕に属する部品）と汎用部品（部品グループG〔6〕～G〔9〕に属する部品）とを区別し、異なるアルゴリズムを適用する。つまり、小部品に対しては、簡易で高速処理に向けたアルゴリズムを用いてタスクグループを決定したり状態の最適化を行い、一方、汎用部品に対しては、緻密でインテリジェントなアルゴリズムを用いて状態の最適化を行う。これは、一般に、携帯電話機等の基板に実装される小部品の総数は、汎用部品に比べて極めて多い（例えば、9：1の比率）ことが分かっているため、それぞれに対応したアルゴリズムを用いて最適化を行うことで、より短時間で、より最適解を求めるためである。なお、図中の「HC法」は、山登り法を意味し、ヒュリスティックであるが確定的に最適解を求めるアルゴリズムであり、「MC法」は、マルチカノニカル法を意味し、確率的ではあるがグローバルに最適解を探索するアルゴリズムである。

【0044】ステップ305fでは、以上のステップで得られた最適化後のNCデータを通信I/F部306を介して部品実装機100、200にダウンロードしたり、データベース部307に格納したりする。

1. 4 モデリング

以上のように構成された部品実装システム10における具体的な最適化手法を説明するために、最適化の対象となる部品実装機100の仕様、最適化装置300への入力データ及び出力データを以下のようにモデル化する。

1. 4. 1 最適化の対象とした部品実装機

最適化の対象となる部品実装機は、前後2つの装着ステージ（実装ユニット）から構成される。前側（上流側）の装着ステージを「前サブ設備」、後側（下流側）の装着ステージを「後サブ設備」と呼ぶ。

【0045】「ギャングピックアップ方式」という名が示すように、各サブ設備は、ヘッドに複数のノズルを取り付けることができる。ヘッドに取り付けることができるノズル数を次に示す。

- ・前サブ設備：10本のノズルを持つヘッドを1つ備える。
- ・後サブ設備：10本または4本のノズルを持つヘッドを1つ備える。

【0046】また、前／後サブ設備に以下のオプションが任意の組合せで付加される場合も対象とする。

- ・ノズルステーション
- ・トレイ
- ・3Dセンサ（3次元認識カメラ）
- ・回収コンベア

なお、対象とする基板サイズは、LL、XLを含む。

1. 4. 2 入力データ

最適化アルゴリズムへの入力データを次に示す。

- ・設備オプションデータ（サブ設備毎）

- ・リソースデータ（設備毎で利用可能なカセット本数とノズル本数）

- ・ノズルステーション配置データ（ノズルステーション付きのサブ設備毎）

- ・初期ノズルパターンデータ（サブ設備毎）

- ・Z軸配置データ（サブ設備毎）

- ・実装点データ

- ・部品ライブラリ

リソースにおいて、SX、SA、Sのノズル本数は10本以上とする。

1. 4. 3 出力データ

最適化アルゴリズムからの出力データを次に示す。

- ・最適化後のノズルステーション配置データ（ノズルステーション付きのサブ設備毎）

- ・最適化後の初期ノズルパターンデータ（サブ設備毎）

- ・最適化後のZ軸配置データ（サブ設備毎。回収コンベア付きのサブ設備では回収コンベアの配置も含む。）

- ・最適化後の実装点データ（サブ設備毎）

1. 4. 4 最適化装置の役割

以上のことを要約すると、最適化装置300の役割は以下の通りである。

【0047】つまり、最適化装置300は、生産の対象（基板及びその上に実装すべき部品）と生産の道具（限られたリソースを備えた部品実装機、サブ設備）が与えられた場合に、可能な限り短い時間で基板を製造する（単位時間あたりに製造できる基板の枚数を多くする）ための部品実装順序を決定する装置である。具体的には、基板あたりの実装時間を最小化するためには、どの部品実装機（サブ設備）のどの位置（Z軸）にいくつもの部品種を収めた部品カセットを配置しておき、各部品実装機（サブ設備）の作業ヘッドがいくつもの順序で部品カセットから可能な限り多くの部品を同時に吸着し、吸着した複数の部品を基板上のどの位置（実装点）にどのような順序で装着すればよいかをコンピュータ上で決定する（最適解を探索する）装置である。

【0048】このときに、対象の部品実装機（サブ設備）が有する制約（作業ヘッドが一度に吸着できる部品数、装着可能な部品カセット数、部品カセットの位置が指定されていること、特殊なサイズの基板に基づく装着可能領域、ダブルカセットに収められる部品種の送りピッチが一致すること等）を厳守することが要求される。

2. 最適化装置による最適化アルゴリズムの概要

以下、上述の第1ステップ（本願発明が考案される直前技術）における問題点（課題）を明らかにしながら、本願発明に係る第2ステップの技術の概要と意義を説明する。

2. 1 「刈り上げ法」

2. 1. 1 「タスクグループ法」（第1ステップ）

第1ステップにおける小部品用最適化アルゴリズムの基本的な考え方は、図16に示される通りであり、ヘッド

の上のノズル数を n として、対象の全ての実装部品に対して、「員数が同じ部品テープを n 本集め、それら n 本の部品テープから1点ずつ同時に吸着し、 n 点同時吸着タスクを作る」というものである。本実施の形態における対象の部品実装機では、 n は10または4である。

【0049】ここで、「部品テープ」とは、ある（同一の）部品種に係る部品の集合（それら複数個の部品が仮想的なテープ上に並べられたもの）であり、「部品分割」と呼ばれる処理によって、1つの部品種に属する部品が複数本の部品テープ（部品カセットに装着される部品リールの単位）に分割される場合がある。図16は、タスクグループ法を説明するための部品ヒストグラムであり、横軸はZ軸（部品カセット、部品種）を示し、縦軸は、その部品種に属する部品の総数を示す。

【0050】ところが、上述の第1ステップのアルゴリズムでは、実際には員数が同じ部品テープばかりではないので、部品分割によって、員数が同じ部品テープを作り出すようにしている。そのようにしても、集められた n 本の部品テープの員数が不揃いになる場合には（図16における部品A～J）、そのばらつきを埋め合わせる部品テープを作り、その n 本の部品テープに追加する。追加する部品テープは、最大で $(n-1)$ 本である（図16における灰色部分）。

【0051】このようにしてできた $n \sim n+(n-1)$ 本の部品テープの集合を「タスクグループ」としている（それらの部品テープから部品を吸着してタスクを生成するので、生成されるタスクの集合に着目した命名になっている）。以下、第1ステップの小部品用アルゴリズムを「タスクグループ法」と呼ぶ。通常、複数個のタスクグループが生成される。タスクグループ数は部品種の総数に依存する。タスクグループが1つだけの場合もある。

【0052】Z軸上へのカセットの配置は、タスクグループの単位で行う。

2. 1. 2 「タスクグループ法」の課題

第1ステップのアルゴリズムでは、次のような課題があった。

(1) タスクグループ単位でZ軸に配置するので、Z軸の空きが最小でも10以上でないと、タスクグループを配置することができない。そのため、Z軸に未使用の部分が生じることがあった。

(2) タスクグループの配置の自由度が低く、前サブ設備と後サブ設備との間での部品種（部品テープ、カセット）を移動しにくい。前サブ設備と後サブ設備の実装時間のバランスを調整しにくくなっていた。

(3) タスクグループ毎に部品分割を行い、部品分割により生じた部品テープを収めるカセットを使用するので、全タスクグループを考えると、部品分割のために使用するカセットが多く必要となる傾向があった。第1ステップにおける課題は、タスクグループを構成する部品テープの本数（10ノズル/ヘッドであれば、10～19本）と、

Z軸上に配置できる部品テープの本数（シングルカセットで最大48本、ダブルカセットで最大96本）の同程度のオーダーになっていることに起因する。

【0053】そのため、タスクグループをZ軸に配置する際の自由度が低くなっている。たとえば、Z軸上に配置できる部品テープの最大本数が、タスクグループを構成する部品テープ本数の10倍程度であれば、自由度の低さは低減されるだろう。

2. 1. 3 「刈り上げ法」（第2ステップ）

「刈り上げ法」は、「部品ヒストグラム作成処理」、「刈り上げ処理」、「コア処理」の3つの処理から構成されている。これらの処理は、第1ステップの課題を踏まえて、考案したものである。以下の説明では、ヘッドの上のノズル数を n とする。

(1) 部品ヒストグラム作成処理

部品ヒストグラム作成処理は、部品テープを員数の大きい順に並べたヒストグラム（部品ヒストグラム）を作成する処理であり、部品ヒストグラムは「刈り上げ処理」の前提となるものである。

【0054】「タスクグループ法」では、部品テープは、タスクグループという複数のグループに分かれるのに対して、「刈り上げ法」では、部品テープは、部品ヒストグラムという1つのグループになっている点が異なる。部品ヒストグラムを部品テープ単位で分割し、分割されたものを前サブ設備と後サブ設備に配置することができるので、「タスクグループ法」と比較して、小さな単位での部品移動が可能となっている。

(2) 刈り上げ処理

刈り上げ処理は、部品ヒストグラムから吸着パターンを生成する処理であり、部品ヒストグラムの員数の残数の少ない側から n 本の部品テープについて、各1個ずつ実装点を吸着し、 n 点同時吸着の吸着パターンを生成することを基本とする。ここで、吸着パターンとは、タスクごとにヘッドが吸着すべき部品種の集合をいう。

【0055】刈り上げ処理の結果、吸着されない実装点が残っている部品テープが存在する。この部品テープを「コア部品テープ」と呼ぶ。また、コア部品テープが収められている部品カセットを「コアカセット」と呼ぶ。コア部品テープの本数は、初期の部品ヒストグラムを構成する部品テープ数何本であっても、必ず $(n-1)$ 本以下になる。

【0056】刈り上げ処理の利点は、「部品ヒストグラムを構成する全部品テープに対して、部品分割を行い、 n 点同時吸着タスクを生成するという問題」を、「コア部品テープだけに対して、部品分割を行い、 n 点同時吸着タスクを生成するという問題」に縮小できることである。部品ヒストグラムのコア部品テープ以外の部分については、既に n 点同時吸着が実現されているので、コア部品テープについてのみ、 n 点同時吸着の吸着パターンが実現できるように、部品分割を行えばよく、この処理

をコア処理と呼ぶ。

(3) コア処理

「コア処理」は、「タスクグループ法」において「 n 点同時吸着を実現するために、実装点の不足分を補完する部品テープを作る」というアイデアを発展させたものである。

【0057】コア部品テープは $1 \sim (n-1)$ 本であるから、実装点の不足分を補完する部品テープ（補完部品テープ）の本数は、 $(n-1) \sim 1$ 本となる。「タスクグループ法」では、タスクグループ毎に補完部品テープが必要であった。一方、「刈り上げ法」では、部品テープのグループは1つしかなく、さらに、それに対して最大 $(n-1)$ 本の補完部品テープしか必要としないので、「タスクグループ法」よりも使用するカセット本数が少なくて済む。

【0058】「タスクグループ法」では、各部品種を最大分割数で部品分割した際に、最も員数が多くなる部品種（部品テープ）を求め、その員数と同数の n 点同時吸着の吸着パターンを生成する。それに対して、「コア処理」では、コア部品テープの員数の合計を求め、それを n で割り算した値から、 n 点同時吸着の吸着パターンの個数を見積もる。

2. 1. 4 関連する個別処理

「刈り上げ法」は、小部品に分類される部品グループの部品種から、タスク（正確には吸着パターン）を生成するための処理である。

【0059】「刈り上げ法」は、「部品ヒストグラム作成処理」、「刈り上げ処理」、「コア処理」の3つの処理から構成されている。これらの処理は、第1ステップの課題を踏まえて、考案したものである。詳細については、下記の個別処理で説明している通りである。

・「刈り上げ法」

・「小部品のタスク生成処理」

2. 2 「交差解消法」

第1ステップでの「貪欲法」の課題と、それに対して第2ステップで行った解決方法（「交差解消法」）について、以下に述べる。

2. 2. 1 「貪欲法」（第1ステップ）

タスクに実装点を割り当てる際、各ノズルが実装する実装点の間の距離が最小となるように部品種の中から実装点を選んでいく。距離を計算する際には、ノズル間のピッチを考慮している。

【0060】この実装点選択方法は、「貪欲(greedy)法」に分類される方法である。以下、この実装点選択方法を「貪欲法」と呼ぶ。「貪欲法」では、或るタスクについては実装点間の距離が最小になったとしても、他のタスクの実装点間の距離を考慮して実装点を選択しているわけではないので、全タスクについて考えると、必ずしも最適にはなっていない。

2. 2. 2 「貪欲法」の課題

「貪欲法」により吸着パターンに実装点を割り当てる場合、特に、図17の上側の実装経路図（タスクごとに、対応する基板位置に配置された実装点を装着順に線で接続した図）に示されるような実装経路の場合が問題となる。

【0061】この図17では、実装点数が5のタスクが3個ある場合を示している。図17において、●は実装点を示し、矢印は実装経路（順序）を示す。実装点の添え字は部品種を示す。例えば、A1、A2、A3は、部品種Aに属する3つの実装点である。また、同じ色の矢印で結ばれている実装点が1つのタスクを構成する。まず、図17の上側の「交差解消前」の状態では、部品種A1が存在する実装点から最も近い実装点として、部品種B1が存在する実装点を選択され、部品種B1に最も近い実装点として、部品種C1ではなく、部品種C2が存在する実装点を選択されている。これは、「貪欲法」では、最も距離の近い実装点を次に実装するべき実装点として選択するためである。

【0062】さらに、「貪欲法」を繰り返し適用して実装点を選択していくと、結果として、図17の上側の「交差解消前」の状態のように、部品種B3が存在する実装点と、部品種C1が存在する実装点を結ぶ経路が他の実装点間を結ぶ経路と交差してしまう。

2. 2. 3 「交差解消法」（第2ステップ）

もしも、人間が実装経路を決めるのであれば、おそらく、図17の下側の「交差解消後」のように、実装経路が交差しないタスクをつくるはずである。

【0063】そこで、「貪欲法」による実装点の選択の後で、経路が交差している箇所を見つけ、それを解消する処理を行えばよい。この処理を「交差解消法」と呼ぶ。その結果、図17の下側の「交差解消後」のようになり、交差を解消する前と比較して、経路の距離の合計が小さくなることが期待できる。具体的に、この図17の例では、部品種B1～B3の中から、2つを選んで入れ替えることにより、実装経路を組み換え、それを繰り返すことで、実装経路が短くなるタスクを作り出すことができる。

【0064】なお、実際には、ノズル間の間隔を考慮する必要があるが、ここでは考え方を示すことが目的なので、省略した。「交差解消法」の詳細は、後述の個別処理で説明している通りである。

2. 2. 4 関連する個別処理

「交差解消法」は、「貪欲法」による実装点の選択の後で、実装経路が交差している箇所を見つけ、それを解消する処理である。

【0065】その結果、実装経路の交差を解消する前と比較して、実装経路の距離の合計が小さくなることが期待できる。詳細については、下記の個別処理で説明している通りである。

・「交差解消法」

2.3 「戻り最適化法」

第1ステップでは、最終実装点から、次のタスクを吸着するZ軸上の位置までの行程（「戻り」）の最適化については、考慮していなかった。第2ステップでは、「戻り最適化法」を新規に導入した。

2.3.1 部品実装動作の再検討

部品を実装する動作は、図18に示されるように、マクロな視点からは、次の3つの行程に分解される。

- (1) 部品吸着 → 認識カメラ
- (2) 認識 → 部品装着
- (3) 部品装着 → 次の部品吸着・・・「戻り」

2.3.2 「戻り」行程の最適化の必要性

まず(1)については、第1ステップでは、員数の多い部品テープが認識カメラに近いZ軸上に配置されるようにすることにより、最適化される。

【0066】次に(2)については、ほぼ一定の距離と考え、第1ステップでは最適化の対象としていない。なぜなら、認識カメラと基板の位置は固定であり、装着時のヘッドの基板上での移動量は、Z軸の長さと比較して、かなり小さく、すべての実装点が基板の中心に存在すると考えられるからである。しかし、(3)については、第1ステップでは考慮していなかった。この「戻り」の行程は(2)の距離と同程度であり、最適化を行えば、実装時間の短縮が期待できる。

2.3.3 「戻り最適化法」（第2ステップ）

まず、(1)と(2)については、第1ステップと同様な処理を行っている。第2ステップでは、更に(3)の「戻り」の行程についての最適化アルゴリズムを考案した。以下、その最適化アルゴリズムを「戻り最適化アルゴリズム」（戻り最適化法）と呼ぶ。

【0067】戻り最適化アルゴリズムの基本的な考え方は、「或るタスクの最終実装点の座標から、最短距離で戻ることのできるZ軸上の位置にある、未実装のタスクを探し、それを次に実装するタスクとする」ということである。たとえば、図において、最終実装点からの距離を調べると、タスクAよりもタスクBが短いので、次に実装するべきタスクはタスクBとなる。

2.3.4 関連する個別処理

部品を実装する動作は、マクロな視点からは、次の3つの行程に分解される。

- (1) 部品吸着 → 認識カメラ
- (2) 認識 → 部品装着
- (3) 部品装着 → 次の部品吸着・・・「戻り」

「戻り最適化法」は、(3)についてのヘッドの移動距離を最適化するものであり、実装時間の短縮が期待できる。

【0068】詳細については、下記の個別処理で説明している通りである。

・「戻り最適化法」

2.4 配列固定処理

2.4.1 概要

ユーザーにより、複数の部品種について、それを配置するZ番号が指定されている場合がある。これはZ軸上での部品種の配列を指定するものであり、「配列固定」と呼ばれている。

【0069】一方、最適化アルゴリズムでは、Z軸上の部品種（部品テープ）の配列も最適化対象となるので、ユーザーによる配列固定を考慮した最適化アルゴリズムを実現する必要がある。しかし、ユーザーによる配列固定のバリエーションは非常に多くなると考えられる。

【0070】もしも、アルゴリズム設計段階で幾つかの配列固定のバリエーションを想定し、それらに対応した最適化アルゴリズムを考案できたとしても、想定外の配列固定のバリエーションに対応できるとは限らない。なぜなら想定した配列固定のバリエーションに特化したアルゴリズムになってしまう傾向があり、想定外の配列固定には効果がない危険性があるからである。

【0071】更に、そのアルゴリズムを想定外の配列固定のバリエーションに対応させるように改造することができても、それは例外処理的なアルゴリズムの追加となるため、プログラムの可読性が低下し、メンテナンス上で問題となりうる。そこで、最も確実で安全な方法として、図19に示されるように、次のような方法を採用した。図19は、配列固定の制約下における最適化の概要を示す部品ヒストグラムである。

(1) 仮のZ軸（仮Z軸）を用意し、配列固定を考慮せずに仮Z軸上で部品種の配列を最適化する。つまり、理想的な部品テープの配列を作成する（同時吸着を優先した部品ヒストグラムを作成する）。

(2) 仮Z軸から実際のZ軸（実Z軸）へ部品種を移動する。このとき、配列固定を考慮し、配列固定の対象となっている部品種（部品テープ）を先に配置する。

(3) 次に、配列固定の対象でない部品種（部品テープ）を仮Z軸から実Z軸へ移動する。このとき、配列固定された部品種（部品テープ）の隙間に配列固定の対象でない部品種（部品テープ）を配置していく。

【0072】最後に、実Z軸上の部品種（部品テープ）から、刈り上げ処理により、吸着パターンを生成する。この方法によれば、ユーザーによって、どのような配列固定がなされても、1つのアルゴリズムで対応できる。また、今回考案した配列固定のアルゴリズムでは、配列固定がない条件下でアルゴリズムが生成した理想的な部品種（部品テープ）の配列を崩す形で、ユーザーが指定した配列固定に対応している。

【0073】そのため、理想的な部品種（部品テープ）配列を使用する場合と、配列固定がある部品種（部品テープ）配列を使用する場合との実装時間の比較を行うことができる。これは、配列固定が持つ、機種切り替えの容易さという運用上の利点と、配列固定がない場合の実装時間の短さを比較し、それらのトレードオフについて

再検討するための情報をユーザーに提供するものである。

2. 4. 2 関連する個別処理

「配列固定」では、ユーザーにより、複数の部品種について、それを配置するZ番号が指定されている。そのために、最適化アルゴリズムでは、Z軸上の部品種（部品テープ）の配列も最適化対象となるので、ユーザーによる配列固定を考慮した最適化アルゴリズムを実現する必要がある。

【0074】今回考案した配列固定のアルゴリズムでは、配列固定がない条件下でアルゴリズムが生成した理想的な部品種（部品テープ）の配列を崩す形で、ユーザーが指定した配列固定に対応している。詳細については、下記の個別処理で説明している通りである。

- ・「全体の流れ（ヒストグラムからスタート）」
- ・「カセットブロック内の固定部品と「山」の配置関係」

- ・「配列固定：固定先の使用可否判断」
- ・「ダブルカセットの配列固定について」
- ・「ダブルカセットの配列固定（補足）」

2. 5 LLサイズ基板への対応

2. 5. 1 概要

LLサイズ基板は、実装領域の制約がない通常の基板よりも搬送方向にサイズが大きい基板である。そのために、図20に示されるように、LLサイズ基板には、特定のヘッド（ノズル）でしか部品を装着できない実装領域（LL制約領域）が存在する。

【0075】また、それらのヘッドは、或る範囲のZ番号に配置された部品テープ（カセット）からは、部品を吸着できない。そこで、図21に示されるように、下記の2つの方法により、LL制約を回避する。

- (1) Z軸上の部品種（部品テープ）の入れ替え
- (2) 吸着方法の変更

まず、(1)については、LL制約領域の実装点を実装できるヘッドで吸着できるZ軸の範囲に、LL制約領域の実装点を含む部品テープを配置する処理である。Z軸上の全てのZ番号に部品テープが配置されている場合、部品テープの入れ替えを行う。

【0076】次に吸着方法の変更については、LL制約領域に存在する実装点を含んだ部品ヒストグラムを仮想的に次の2つの部品ヒストグラムに分割する。

- ・LL制約領域に存在する実装点から構成される部品ヒストグラム
- ・LL制約領域に存在しない実装点から構成される部品ヒストグラム

吸着時には、それぞれの部品ヒストグラムを実装可能なヘッドで刈り上げて、その刈り上げた結果を合成して、1つのタスクとする。

2. 5. 2 Z軸上の部品種の入れ替え

(1) ヘッド1～6は、LL制約領域には、部品を装着できな

い。

(2) ヘッド7～10は、LL制約領域にも、部品を装着できる。

(3) 機構上の制約により、各ヘッド毎に吸着できるZの範囲が制限されている。

(4) Z=1～11にLL制約領域の実装点を持つ部品種が存在すれば、Z=12～に存在し、かつ、LL制約領域の実装点を持たない部品種と入れ替える。

2. 5. 3 吸着方法の変更

(1) 各Zにある実装点を「LL制約領域にある実装点」と「LL制約領域にない実装点」に分ける。処理の上で扱いを分けるだけであり、部品分割はしない。

(2) ヘッド1～6とヘッド7～10に分割し、仮想的に6ヘッドと4ヘッドの2つを考える。

(3) LL制約領域にない実装点については、6ヘッドで刈り上げを行い、6点タスクを作る。

(4) LL制約領域にある実装点については、4ヘッドで刈り上げを行い、4点タスクを作る。

(5) 6点タスクと4点タスクを組み合わせ、10点タスクとする。

2. 5. 4 関連する個別処理

LLサイズ基板へ対応するためには、吸着方法の変更とZ軸上の部品種の入れ替えが必要であり、それらについて、2案ずつのアルゴリズムを作成した。

【0077】詳細については、下記の個別処理で説明している通りである。

- ・「LL制約：吸着方法の変更（1）」

LLサイズ基板へ対応するため、実装点をLL制約領域に存在するものと存在しないものにわけ、LL制約領域に存在する実装点をヘッド7～10で吸着し、LL制約領域に存在しない実装点をヘッド1～6で吸着する。

【0078】山のすそ野側にある部品テープから順次、部品を吸着するが、左ブロックであれば、ヘッド1～6で吸着したZ範囲よりも、Z番号が大きいZから、つまりカメラに近づく方向に進みながら、ヘッド1～4で吸着するようにしたものである。右ブロックでも同様である。

- ・「LL制約：吸着方法の変更（2）」

LL制約領域に存在しない実装点を、山のすそ野側にある部品テープから順次、ヘッド1～6で吸着した後、同様にLL制約領域に存在する実装点を、実装点を、山のすそ野側にある部品テープから順次、ヘッド1～6で吸着する。

【0079】つまり、上記「LL制約：吸着方法の変更（1）」とは異なり、必ずしも、カメラ方向に近づく方向に進みながら吸着を行うわけではない。

- ・「LL制約：Z軸上の部品種の入れ替え（1）」

Z番号が1～11の部品種（部品テープ）について、X座標が400mmよりも大きい実装点を含む部品種（部品テープ）を探し、それをX座標が400mmよりも大きい実装点を

含まない部品種（部品テープ）を入れ替える。

・「LL制約：Z軸上の部品種の入替え（2）」

上記「LL制約：Z軸上の部品種の入替え（1）」よりも、実装点のX座標の扱いを細かくしたものである。

2. 6 XLサイズ基板への対応

2. 6. 1 概要

XLサイズ基板は、実装領域の制約がない通常の基板よりも搬送方向と直交する方向にサイズが大きい基板である。そのために、図20に示されるように、XLサイズ基板には、特定の設備（前サブ設備又は後サブ設備）でしか部品を装着できない実装領域が存在する。図20は、特殊なサイズ（XL,LL）の基板における基板上の制約領域（ヘッドが移動できないために実装できない領域）を示す図である。

【0080】XLサイズ基板は、次の3つの実装領域から構成されている。

- ・前サブ設備でしか部品を装着できない領域
- ・後サブ設備でしか部品を装着できない領域
- ・前サブ設備と後サブ設備の両方で部品を装着できる領域

更にLLサイズ基板と同様に特定のヘッド（ノズル）でしか部品を装着できない領域が存在する。これらの制約をまとめた模式図を次に示す。図中、「前設備」は「前サブ設備」を、「後設備」は「後サブ設備」を略記したものである。

（テーブルの挿入）この模式図を踏まえて、XLサイズ基板への対応を次に示す。

- (1) 実装点座標による前設備／後設備への割り当て
- (2) 実装点座標による部品分割
- (3) 前設備と後設備の両方で実装できる領域を利用した初期振り分け
- (4) LL制約の回避

詳細は、後述の個別処理で説明している通りである。

2. 6. 2 関連する個別処理

XLサイズ基板への対応を、実装点毎に実装可能なサブ設備が前サブ設備と後サブ設備のどちらであるかを判断し、前サブ設備と後サブ設備に実装点を振りわけることによって、実現した。

【0081】なお、XLサイズ基板が持っている制約は、LLサイズ基板が持っている制約を含んでいるので、XLサイズ基板へ対応する処理には、LLサイズ基板へ対応する処理が含まれる。詳細については、下記の個別処理で説明している通りである。

・「XL制約」

2. 7 負荷バランス処理

2. 7. 1 概要

負荷バランス処理は、初期振り分け処理において、負荷レベルを指標として、前サブ設備と後サブ設備のバランスを調整する処理である。

2. 7. 2 バランス調整方法のレベル

バランスを調整する方法として、前サブ設備と後サブ設備との間での部品の移動を行う。部品の移動については、次の3つのレベルがある。

(1) 「山」単位

(2) 部品テープ単位

上記の「山」とは、最適化の結果、作成される部品テープのグループを意味する。第1ステップにおけるタスクグループの概念に近い。

【0082】負荷バランス処理とラインバランス処理では、実行する部品移動のレベルが異なる。

負荷バランス処理：「山」、部品テープ

ラインバランス処理：「山」、部品テープ、実装点

現在、負荷バランス処理で使用している負荷レベル計算は、汎用部品から構成されるタスクに対する負荷レベルの値の精度が悪い。そのため、負荷バランス処理では、部品移動の単位を細かくしても効果が薄いと判断して、実装点単位の部品移動は行っていない。

【0083】詳細は、後述の個別処理で説明している通りである。

2. 7. 3 関連する個別処理

「負荷バランス処理」は、前サブ設備と後サブ設備の負荷レベルのバランスを調整する処理である。部品種を前サブ設備と後サブ設備に振り分ける際に必要となる。

【0084】まず、前サブ設備から順に部品種を詰めて配置し、前サブ設備に配置できなかった部品種を後サブ設備に配置する。これを初期状態として、前サブ設備と後サブ設備の負荷バランスを計算し、その負荷バランスの差がOKになるまで、前サブ設備に配置された部品種を順番に後サブ設備に移動する。

【0085】なお、各サブ設備の負荷バランスの計算方法は、第1ステップと同様である。詳細については、下記の個別処理で説明している通りである。

・「負荷レベルバランス調整（「山」単位）」

・「負荷レベルバランス調整（部品種単位）」

2. 8 ラインバランス処理

2. 8. 1 概要

ラインバランス処理は、タスクが生成された後、実装時間を指標として、前サブ設備と後サブ設備のバランスを調整する処理である。ラインバランス処理と負荷バランス処理と違いは、バランスの指標が異なるだけであり、互いに類似した処理である。

2. 8. 2 バランス調整方法のレベル

バランスを調整する方法として、前サブ設備と後サブ設備との間での部品の移動を行う。部品の移動については、次の3つのレベルがある。

(1) 「山」単位

(2) 部品テープ単位

(3) 実装点単位

上記の「山」とは、最適化の結果、作成される部品テープのグループを意味する。第1ステップにおけるタスク

グループの概念に近い。

【0086】ラインバランス処理では、実装点単位の部品移動を行う点が、負荷バランス処理と異なる。詳細は、後述の個別処理で説明している通りである。

2. 8. 3 関連する個別処理

「ラインバランス処理」は、前サブ設備と後サブ設備の実装時間のバランスを調整する処理である。前サブ設備と後サブ設備のタスクを生成した後、各サブ設備の実装時間をタクトシミュレータで計算し、実装時間の長いサブ設備から、実装時間の短いサブ設備へ、部品を移動することにより、前サブ設備と後サブ設備の実装時間のバランスを調整する。バランスの指標などに違いがあるが、前述の負荷バランス処理と類似の処理である。

【0087】詳細については、下記の個別処理で説明している通りである。

- ・「前設備から後設備へ山を移動する処理」
- ・「前設備から後設備へ部品種を移動する処理(A)」
- ・「前設備から後設備へ実装点を移動する処理」
- ・「ラインバランス処理でのスワップ処理」

3. 最適化装置による個別処理の詳細

3. 1 「刈り上げ法」

以下の手順により、タスクを生成する。

(1) 部品ヒストグラムを作成する(図22)。

(2) 刈り上げ、コア部分を残す(図23)。

【0088】本図において、四角形で囲まれた枠は、10点同時吸着の吸着パターンである。

(3) 刈り上げた部分(図24(a))と、コア部分(図24(b))とを分離する。

(4) コア部分にテンプレートを割り当てる(図25)。

【0089】本図において、灰色の四角枠で囲まれた黒色の四角形(実装点)は、テンプレートでカバーできなかった実装点を示し、これらをテンプレートの左側

(「*」で示される箇所)を補完するために使用する。

(5) テンプレートの左側を補完する実装点を決める(図26)。

(6) テンプレートの左側を補完する(図27)。

【0090】本図において、白抜き四角形は、補完に用いられた実装点を示し、灰色の四角枠で囲まれた黒色の四角形は、補完に用いられなかった実装点を示し、灰色の四角枠で囲まれた「*」は、補完できなかった実装点を示す。

(7) コア部分とテンプレートにより補完された部分について、「山」を作り直す(図28)。

(8) 上記(2)において刈り上げにより作られたタスクも「山」の形に作り直す(図29)。

(9) 刈り上げによる「山」とコア部分の「山」とを合成する(図30)。

(10) 「山」全体を刈り上げる(図31)。

【0091】本図において、第24のタスク(タスク24)は、吸着時のヘッドの上下回数(吸着上下回数)が

3回となることが示されている。

(11) 制約が全くない場合は、そのままZ軸に配置する(図32)。なお、制約を考慮した場合については、以下(12)以降の通りである。

(12) 「刈り上げ法」によりタスクを生成する(図33)。

【0092】ここでは、コア部分の処理を行う。ただし、この段階では、最大分割数、カセットリソース、使用可能なZ番号の個数は考慮しない。この例では、カセット番号1～6が分割されるので、

カセット番号=1: 部品A

カセット番号=2: 部品B

カセット番号=3: 部品C

カセット番号=4: 部品D

カセット番号=5: 部品E

カセット番号=6: 部品F

とし、分割の様子を、例えば、部品Aは5分割されるので、それぞれ

A1, A2, A3, A4, A5

と表現する。部品B, C, D, E, Fについても同様である。また、その他の部品については黒色の四角形で表現している。

(13) 最大分割数を考慮し、カセット分割数を適正化する(図34)。

【0093】ここでは、部品Aの最大カセット分割数が4であるとして、部品Aについて、カセット分割数を適正化している。部品Aは、5分割されているので、A2～A5のうちの1つをA1～A5に統合する。このとき、A2～A5の中で員数が最小のものを選択すれば、この統合の影響を受けるタスクの個数が最小になる。

【0094】この場合、A5の員数が最小(3個)であるので、A5を選び、それらA5をA1～A4に分散させる。その結果、A5があった位置が空くので、A5の左側にあるF2, E2, D2を右に1つ分移動する。

(14) このような適正化後におけるカセット配列は、図35に示される通りである。

【0095】ここで、タスク21～22は、吸着上下回数が2回となっている。

(15) 続いて、カセット使用数を適正化する(図36)。ここでは、カセット使用数がカセットリソースよりも1本だけ多いとする。部品A2～4, B2, C2, D2, E2, F2の中で員数が最小のものを選び、それを統合する。具体的には、員数が最小(1個)のF2を選び、これをF1に統合する。

(16) このような適正化後におけるカセット配列は、図37に示される通りである。

【0096】カセット数が1本減っていることが分かる。

(17) 続いて、Z軸占有数を適正化、つまり、使用可能なZ軸の範囲を考慮する(図38)。ここでは、Z軸使用

数がZ軸の空よりも1本だけ多いとする。部品A2～4、B2、C2、D2、E2の中で員数が最小のものを選り、それを統合する。具体的には、員数が最小(2個)のE2を選り、これをE1に統合する。

(18)このような適正化後におけるカセット配列は、図39に示される通りである。

【0097】ここで、タスク24は、吸着上下回数が4回のまま変わっていないが、タスク23は、吸着上下回数が3回となる。

(19)Z軸に配置する(図39)。ここでは、B1は、本来Z番号=15に固定する部品であると仮定する。

(20)最初に固定カセットをZ軸に配置する(図41)。

(21)非固定カセットをZ軸に配置する(図42)。

【0098】このとき、非固定カセットは、上記(19)で決まったカセット配列の順序で、固定カセットを避けるようにしてZ軸に配置する。

(22)「山」の形に戻す(図43)。

(23)再度、「刈り上げ法」によりタスクを生成する(図44)。ただし、コア部分の処理は行わない。ここで、タスク24は、吸着上下回数が3回に、タスク22～23は、吸着上下回数が2回に、タスク17～19は、吸着上下回数が2回となる。

3.2 平行四辺形によるカセット分割

コア部品に対する平行四辺形のテンプレートを用いたカセット分割の方法は、以下の通りである。

(1)ここでは、対象のコア部品の合計員数が30とする(図45の上段)。つまり、10点吸着のタスクを3個つくることにする。

(2)まず、カセット数が9なので、それに対応する平行四辺形(テンプレート)を作る(図45の中段の右)。なお、平行四辺形の各段の右端は、10点カット×9本の場合に、この平行四辺形へ部品を割り当てた場合の部品の種類を示す文字(A～I)となっている。

(3)対象部品の1段目(最下段)に着目し、その右端が「I」なので、これを、右端が同一文字(「I」)である平行四辺形の段(ここでは、平行四辺形の最下段)に配置する(図45の下段)。

(4)同様に、対象部品の2段目に着目し、その右端が「F」なので、これを、右端が同一文字(「F」)である平行四辺形の段(ここでは、平行四辺形の4段目)に配置する(図46の上段)。

(5)同様に、対象部品の3段目に着目し、その右端が「C」なので、これを、右端が同一文字(「C」)である平行四辺形の段(ここでは、平行四辺形の7段目)に配置する(図46の中段)。

(5)対象部品の2段目に着目し、同様にして、対象部品の2段目と3段目をテンプレートに置く(図46)。

(6)これ以上、右端の文字が一致する段が存在しないので、残った部品を配置済みの各段(1、4、7段目)の空き位置(「X」)に配置する(図46の下段)。

(7)そのとき、残り員数の多い部品から割り当てていく(図47の上段、中段)。

(8)もし、残り員数が同数の場合は、部品の文字の順序で部品を割り当てる(図47の下段)。

(9)以上の規則に従って、残る全ての部品をテンプレートに置く(図48、図49の上段)。

(10)全ての部品をテンプレートに置き終えた結果、テンプレートの1、4、7段目は部品で埋まるので(図49の中段)、最後に、それら1、4、7段目の隙間を詰めることで、カセット分割が完了する(図49の下段)。

3.3 長方形によるカセット分割

コア部品に対する長方形のテンプレートを用いたカセット分割の方法は、以下の通りである。

(1)30個の対象のコア部品の下部に、長方形のテンプレート(ここでは、幅10×高さ3のテンプレート)を当てる(図50の上段)。

(2)補完すべき領域(白抜き四角形)を、補完できた領域の左側に配置する(図50の中段)。

(3)残り員数の多い部品から、テンプレートの補完領域に置いていく(図50の下段、図51の上段)。

(4)もし、残り員数が同数の場合は、部品の文字の順序で部品を割り当てる(図51の中段)。

(5)以上の規則に従って、残る全ての部品をテンプレートに置く(図51の下段、図52、図53)。配置を完了した時点で、カセット分割が終了する。

3.4 与えられたカセット本数でのコア処理方法

基本のコア処理を行って、理想の「山」の形を作ってから、補完カセットを圧縮し、与えられたカセットリソース内に納める。

【0099】コア処理を行う際、与えられたカセット本数分だけ補完カセットができるように、補完カセットへ員数を割り当てる処理を行って、最後にコア部分に残っている、本来、部品分割に使う部品種の員数を同一部品種に均等に配分する方法も可能と考えられる。ダブルカセットについては、奇数Z番号上にコアが残るので、シングルカセットのコア処理と同様にして、補完カセットをつくることできる。この場合、補完カセットは、ダブルカセットの奇数側(奇数Z番号の分)のみを使用する。また、カセットを圧縮する処理も、シングルカセットと同様に行えばよい。

【0100】具体的には、

(1)コア部分に対してコア処理を行い、理想の「山」を作る。この時、補完カセットが作られる。

(2)補完カセットの本数Nを求める。

(3)(※)補完カセット数Nと与えられたカセット本数Mを比較する。

(4) $N \leq M$ であれば、終了する。

【0101】戻り値はNとする。コア処理では、与えられたカセット本数を全部使わなくてもよい場合があるので、Nを戻り値とした。補完カセットは最大で9本なの

で、10本以上のカセットを与えても意味がない。

【0102】戻り値Nでカセットリソースの管理を行う。

(5) $N > M$ であれば、カセットを1本分だけ圧縮する。

(5.1) 「山」の中から員数が最も小さいカセットCを探す。

(5.2) カセットCと同じ部品種を持つカセットDを「山」の中から探す。カセットDは複数存在する場合がある。

【0103】カセットCは、カセットDに含めない。

(5.3) カセットCの員数をカセットDへ均等に配分する。均等に配分できない場合には、「山」のコア側に行くほどカセットの員数が多くなるようにする。たとえば、カセットCの員数が5で、カセットDが3本あれば、2、2、1というように分割し、「山」のコア側のカセットから順に、2、2、1と分配する。

(6) 補完カセット数Nから1を引く。

(7) (※)へ戻る。

3.5 小部品のタスク生成処理

ノズル番号とZ番号の対応を決定し、各タスクの吸着パターンを生成する処理を行う。

【0104】ノズルと実装点の対応は、「食欲法」により決定される。「山」の「すそ野」側からスキャンして吸着パターンを生成する。そのため、「すそ野」がZ番号の小さい側に存在する左ブロックと、「すそ野」がZ番号の大きい側に存在する右ブロックとでは、ヘッドとZ軸のスキャン方向が反対になるが、基本的には同じ処理となる。

【0105】ダブルカセットの場合、偶数Z番号側にある部品テープの全ての員数を吸着パターンに割り当ててから、奇数Z番号側にある部品テープの員数を吸着パターンに割り当てる。偶数Z番号側に存在する部品テープから作られる最後のタスクの吸着点数が10未満の場合、10に満たない分を奇数Z番号に存在する部品テープから吸着する。

・プログラミングにおけるポイント

以下に説明する処理では、実Z軸上に配置された部品テープが吸着すべき部品テープか否かを判定するため、その部品テープが処理対象となる「山」に属するものかどうかを判定している。そこで、部品テープの属性として、「山」番号などの「山」を識別するための情報を用意し、事前に設定しておくことと便利である。1つの部品グループから2以上の「山」が作り出されることがあるので、部品グループ番号は「山」の識別に使わないほうがよい。*左ブロックの場合(シングルカセットの「山」)

(8) タスク番号tに1を設定する。

(9) この「山」を構成する部品テープに属する実装点の個数の合計を求め、実装点数合計とする。

【0106】(9.1)実装点数合計がゼロの場合、以下の

処理を行う。

(9.1.1) (※)へ進む。

全く実装点が無い「山」は存在しないので、エラーとする。

(10) (◇)タスク番号tのタスクが持つノズルのうち、Z番号が対応付けられていないノズルの中から、ノズル番号が最小のものをを見つけ、そのノズル番号をNvacとする。

【0107】ノズル番号は1～10とする。Z番号が対応付けられているノズルが全く無い場合、Nvacは1となる。

(10.1)すべてのノズルにZ番号が対応付けられている場合、以下の処理を行う。

(10.1.1) (*)へ進む。

【0108】次のタスクの吸着パターンの生成へ進むことになる。このタスクの吸着点数は10点になる。

(11) 「山」を構成する部品テープが存在するZ番号について、ノズル番号Nvacのノズルで吸着できるZ番号の中から最小のZ番号を求め、Zvacとする。Z番号は、前設備であれば、「1～48の範囲にある奇数」である。

【0109】Z番号は、後設備であれば、「97～144の範囲にある奇数」である。

(11.1)そのようなZ番号が見つからない場合、以下の処理を行う

(11.1.1) (*)へ進む。

次のタスクの吸着パターンの生成へ進むことになり、このタスクは吸着点数が10未満となる。

【0110】たとえば、Z=1だけに部品テープが存在する場合、ノズル1でしか吸着できず、ノズル2～10が吸着できる部品テープが存在しないため、Zvacが決まらない。

(12) (◎)実装点数合計が正であり、かつ、Nvacが10以下である場合、以下の処理を行う。

【0111】(12.1)ノズル番号がNvacであるノズルにZ番号が対応付けられておらず、かつ、Zvacに存在する部品テープがこの「山」に属する場合、以下の処理を行う。

(12.1.1)ノズル番号がNvacであるノズルにZvacを対応付ける。

(12.1.2)Zvacに存在する部品テープの実装点の個数から1を減算する。

(12.1.3)実装点数合計から1を減算する。

【0112】たとえば、1回目の吸着で「歯抜け」状に吸着した場合、2回目の吸着では、すぐ隣のノズルが空いているとは限らないので、この条件判定(前半部分)を入れた。また、「山」の途中に、この「山」に無関係な部品テープ(固定カセットの部品テープなど)が存在する可能性があるため、この条件判定(後半部分)を入れた。

【0113】(12.2)Nvacに1を加算する。

(12.3) Zvacに2を加算する。

(12.4) (◎)に戻る。

(13) (*) タスク番号に1を加算する。

(14) (◇)へ戻る。

(15) (※) 吸着パターン生成処理を終了する。

*右ブロックの場合(シングルカセットの「山」)

(16) タスク番号tに1を設定する。

(17) この「山」を構成する部品テープに属する実装点の個数の合計を求め、実装点数合計とする。

【0114】(17.1)実装点数合計がゼロの場合、以下の処理を行う。

(17.1.1) (※)へ進む。

全く実装点が無い「山」は存在しないので、エラーとする。

(18) (◇) タスク番号tのタスクが持つノズルのうち、Z番号が対応付けられていないノズルの中から、ノズル番号が最大のものをを見つけ、そのノズル番号をNvacとする。

【0115】ノズル番号は1～10とする。Z番号が対応付けられているノズルが全く無い場合、Nvacは10となる。

(18.1) すべてのノズルにZ番号が対応付けられている場合、以下の処理を行う。

(18.1.1) (*)へ進む。

【0116】次のタスクの吸着パターンの生成へ進むことになる。このタスクの吸着点数は10点になる。

(19) 「山」を構成する部品テープが存在するZ番号について、ノズル番号Nvacのノズルで吸着できるZ番号の中から最大のZ番号を求め、Zvacとする。Z番号は、前設備であれば、「49～96の範囲にある奇数」である。

【0117】Z番号は、後設備であれば、「145～192の範囲にある奇数」である。

(19.1) そのようなZ番号が見つからない場合、以下の処理を行う

(19.1.1) (*)へ進む。

次のタスクの吸着パターンの生成へ進むことになり、このタスクは吸着点数が10未満となる。

【0118】たとえば、Z=1だけに部品テープが存在する場合、ノズル1でしか吸着できず、ノズル2～10が吸着できる部品テープが存在しないため、Zvacが決まらない。

(20) (◎) 実装点数合計が正であり、かつ、Nvacが1以上である場合、以下の処理を行う。

【0119】(20.1)ノズル番号がNvacであるノズルにZ番号が対応付けられておらず、かつ、Zvacに存在する部品テープがこの「山」に属する場合、以下の処理を行う。

(20.1.1) ノズル番号がNvacであるノズルにZvacを対応付ける。

(20.1.2) Zvacに存在する部品テープの実装点の個数から

1を減算する。

(20.1.3)実装点数合計から1を減算する。

【0120】たとえば、1回目の吸着で「歯抜け」状に吸着した場合、2回目の吸着では、すぐ隣のノズルが空いているとは限らないので、この条件判定(前半部分)を入れた。また、「山」の途中に、この「山」に無関係な部品テープ(固定カセットの部品テープなど)が存在する可能性があるため、この条件判定(後半部分)を入れた。

【0121】(20.2)Nvacから1を減算する。

(20.3)Zvacから2を減算する。

(20.4) (◎)に戻る。

(21) (*) タスク番号に1を加算する。

(22) (◇)へ戻る。

(23) (※) 吸着パターン生成処理を終了する。

*左ブロック(ダブルカセットの「山」)

(24)ダブルカセットの偶数Z番号側について、前述の左ブロックの場合(シングルカセットの「山」)と同様にして、吸着を行う。

【0122】ただし、奇数Z番号からではなく、偶数Z番号からの吸着動作になる点のみが異なる。

(25)ダブルカセットの偶数Z番号側から吸着したタスクの中の最後のタスクが10点未満のタスクであれば、そのタスクをダブルカセットの奇数Z番号側を吸着する際のタスクの初期値とする。

【0123】その最後のタスクは、ノズル1から順に吸着していて、ノズル番号の大きい側が空きになっている。これをそのまま奇数Z番号側を吸着する際のタスクの初期値としてしまうと、たとえば、Z=1付近からの吸着ができない。そこで、ノズル番号の小さいノズルが空きになるように、既に吸着している実装点をノズル番号の大きいノズルのほうへ移動しておく。

(26)ダブルカセットの奇数Z番号側について、前述の「右ブロックの場合(シングルカセットの「山」)」と同様にして、吸着を行う。

【0124】ただし、奇数Z番号からではなく、偶数Z番号からの吸着動作になる点のみが異なる。ダブルカセットの偶数側のZ番号を吸着した結果、その最後のタスクの吸着点数が10点未満の場合、ダブルカセットの奇数Z番号側の吸着の最初のタスクが初期値を持っている点異なる。

*右ブロック(ダブルカセットの「山」)

(27)ダブルカセットの偶数Z番号側について、前述の

「右ブロックの場合(シングルカセットの「山」)」と同様にして、吸着を行う。

【0125】ただし、奇数Z番号からではなく、偶数Z番号からの吸着動作になる点のみが異なる。

(28)ダブルカセットの偶数Z番号側から吸着したタスクの中の最後のタスクが10点未満のタスクであれば、そのタスクをダブルカセットの奇数Z番号側を吸着する際

のタスクの初期値とする。

【0126】その最後のタスクは、ノズル10から順に吸着していて、ノズル番号の小さい側が空きになっている。これをそのまま奇数Z番号側を吸着する際のタスクの初期値としてしまうと、たとえば、Z=96付近からの吸着ができない。そこで、ノズル番号の大きいノズルが空きになるように、既に吸着している実装点をノズル番号の小さいノズルのほうへ移動しておく。

(29)ダブルカセットの奇数Z番号側について、前述の「右ブロックの場合(シングルカセットの山)」と同様に、吸着を行う。

【0127】ただし、奇数Z番号からではなく、偶数Z番号からの吸着動作になる点のみが異なる。ダブルカセットの偶数側のZ番号を吸着した結果、その最後のタスクの吸着点数が10点未満の場合、ダブルカセットの奇数Z番号側の吸着の最初のタスクが初期値を持っている点と異なる。

3.6 「交差解消法」(try_to_exchange)

3.6.1 概略

「交差解消法」は、全ての吸着パターンが決まり、各吸着パターンに「食欲法」(+HC法)などで実装点の割振りが行われ仮のタスクが決まった後に、実装点の割振りの最適化を行うアルゴリズムの一つである。

【0128】図54(a)は、交差解消法を適用する前の実装経路図(食欲法により決定した実装経路図)を示し、図54(b)は、交差解消法を適用した後の実装経路図を示す。本図に示されるように、このアルゴリズムでは、ヘッドの移動軌跡が無駄にクロスする箇所を減少させるものである。

3.6.2 注意事項

処理対象となるタスクの実装点が、LL基板、XL基板におけるヘッド制限に引っかかる場合は、「組替えの対象となる部分タスクの全ての実装点が、ヘッド番号がhead1=head2を満たしている」場合のみ、交差解消アルゴリズムの対象としてよい。その他の場合に、「交差解消法」を強行すると、極めて高い確率でヘッドが実装点に届かない場合が発生する。

3.6.3 アルゴリズム仕様

図55(a)は、交差解消法のアルゴリズムを説明する実装経路図であり、図55(b)は、4つの実装点による1つの交差(線Aと線Bによる交差)の例を示す図である。具体的なアルゴリズムは、以下の通りである。

- (0)それぞれのタスクの実装点を打つ際のヘッドの移動量を計算し、全タスクに対する総和を求める
- (1)実装点の組替えを行うZ座標、切断点(cutpoint)に1を代入する
- (2)組替えを行うタスク1に1を代入する(task1=1)
- (3)組替えを行うタスク2に(task1+1)を代入する(task2=task1+1)。
- (4)cutpointに対応するヘッド番号(head1,head2)をそ

れぞれのタスクについて求める

(5)2つのヘッド番号がともに適正か?

(5.1)適正でない場合(指定したZ座標に対応する実装点がない)、(13)へ

(5.2)適正である場合、(6)へ

(6)それぞれのタスクの実装点を打つ際のヘッドの移動量を計算し、その和(olength)を求める

(7)cutpointより左側の部分タスクの組替えを行う

(8)それぞれのタスクの実装点を打つ際のヘッドの移動量を計算し、その和(nlengthL)を求める

(9)cutpointより右側の部分タスクの組替えを行う

(10)それぞれのタスクの実装点を打つ際のヘッドの移動量を計算し、その和(nlengthR)を求める

(11)3つの移動量、olength, nlengthL, nlengthRを比較し、最小のものを求める

(12)最小の移動量を与えるタスクを新しいタスクとしてを採用する

(13)タスク2をインクリメントする(task2=task2+1)

(14)タスク2(task2)とタスク数を比較する

(14.1)タスク2がタスク数を超えていない場合、(4)へ戻る

(14.2)その他の場合、(15)へ

(15)タスク1をインクリメントする(task1=task1+1)

(16)タスク1(task1)とタスク数を比較する

(16.1)タスク1がタスク数を超えていない場合、(3)へ戻る

(16.2)その他の場合、(17)へ

(17)切断点をインクリメントする(cutpoint=cutpoint+1)

(18)切断点と最大Z座標を比較する

(18.1)切断点が最大Z座標を超えていない場合、(2)へ

(18.2)その他の場合、(19)へ

(19)それぞれのタスクの実装点を打つ際のヘッドの移動量を計算し、全タスクに対するヘッド移動量の総和を求める

(20)ヘッド移動量の総和が減少しているか否かを調べる

(20.1)減少している場合、(0)へ

(20.2)その他の場合、終了

図56は、このようなアルゴリズムによる交差解消法の適用例を示す実装経路図であり、図56(a)は、適用前のもの(食欲法による実装経路図)を示し、図56(b)は、適用後のものを示す。実装経路がクロスしている箇所数が減少し、総実装経路が短縮化されているのがわかる。

3.7 「戻り最適化法」

3.7.1 概略

「戻り最適化法」は、全てのタスクへの実装点の割振りが決まった後に、タスクの実装順序の最適化を行うアルゴリズムである。

3. 7. 2 アルゴリズム仕様

- (1) 各タスクの最終実装点のX座標を求める
- (2) 最終実装点のX座標の大きい順に従って並べたタスク番号リスト (up[]) を作る
- (3) 各タスクの部品種の最大Z座標を求める (吸着時にヘッド10番が取るZ座標の最大値)
- (4) 最大Z座標の大きい順に並べたタスク番号リスト (point[].task) を作る
- (5) 実装順序1番に、最終実装点のX座標が最大のタスクを割り当てる
- (6) その次に実装するタスクとして、残っているタスクの内最も大きな最大Z座標を持つタスクを割り当てる
- (7) 実装順序が決まっているタスクが残っているか?
 - (7.1) 残っている場合、(8)へ
 - (7.2) その他の場合、(10)へ
- (8) 残っているタスクのうち最終実装点のX座標が最大のものを、その次に実装するタスクとして割り当てる
- (9) 実装順序が決まっているタスクが残っているか?
 - (9.1) 残っている場合、(6)へ
 - (9.2) その他の場合、(9)へ
- (10) それぞれのタスクの実装点を打つ際のヘッドの移動量を計算し、全タスクに対するヘッド移動量の総和を求める
- (11) 実装順序の入替えを行うタスク1に1を代入する (task1=1)
- (12) 実装順序の入替えを行うタスク2に (task1+1) を代入する (task2=task1+1)
- (13) それぞれのタスクの実装点を打つ際のヘッドの移動量を計算し、全タスクに対する総和 (olength) を求める
- (14) タスク1の次に実装するタスクをタスク2の次に実装し、タスク2の次に実装するタスクをタスク1の次に実装する新しいタスクの実装順序を求める
- (15) それぞれのタスクの実装点を打つ際のヘッドの移動量を計算し、全タスクに対する総和 (nlength) を求める
- (16) 2つの移動量、olength, nlengthを比較し、最小のものを求める
- (17) 最小の移動量を与える実装順序を新しい実装順序としてを採用する
- (18) タスク2をインクリメントする (task2=task2+1)
- (19) タスク2 (task2) とタスク数を比較する
 - (19.1) タスク2がタスク数を超えていない場合、(11)へ戻る
 - (19.2) その他の場合、(19)へ
- (20) タスク1をインクリメントする (task1=task1+1)
- (21) タスク1 (task1) とタスク数を比較する
 - (21.1) タスク1がタスク数を超えていない場合、(10)へ戻る

(21.2) その他の場合、(21)へ

(22) それぞれのタスクの実装点を打つ際のヘッドの移動量を計算し、全タスクに対するヘッド移動量の総和を求める

(23) ヘッド移動量の総和が減少しているか否かを調べる

(23.1) 減少している場合、(0)へ

(23.2) その他の場合、終了

以上のように、このアルゴリズムは、大きく、以下の2つのパートからなる。

(パート1)

(i) 図57に示されるように、各タスクの最終実装点から最短距離にある吸着パターンを見つける (図中の実線矢印)。図57は、図18における「戻り」動作を示す図であり、基板上の最終実装点 (四角形内の丸印) と次に吸着すべき部品カセットのZ軸上の位置 (横一列に並んだ丸印1~19) を示す。

(ii) 1番吸着パターンを始点にして実装経路を順次書いていく (図中の点線矢印)。

(iii) 経路が1番吸着パターンに戻ったら、それを最短巡回部分経路1とする。

(iv) これまで見つかった最短巡回部分経路に含まれない吸着パターンを探す (図57に示された例では、「4」となる)。

(v) 上記(ii)に戻る。

【0129】その結果、図57に示された例では、最短巡回経路は5つとなる。

(パート2) どの吸着パターンから実装を始めれば、複数の最短巡回経路を実装順序が最適化できるかを求める。これは、右から順に実装するので問題ない。戻ることがなければよいからである。

【0130】図58(a)は、同一の部品カセットに複数の実装点がある場合における「戻り」動作を示す図であり、図58(b)は、この「戻り最適化法」を適用した場合のヘッドの戻り軌跡を示すシミュレーション結果であり、適用前の移動軌跡における無駄なクロス (左図) が適用後に減少しているのがわかる (右図)。

3. 8 全体の流れ (ヒストグラムからスタート)

(1) 実装点データから、部品グループを作成する。

(2) 小部品の各部品グループについて、「山」を作る。

【0131】(2.1) 使用するカセットによって、部品種を次の2つに分類する。

1. シングルカセットを使う部品種

2. ダブルカセットを使う部品種 (送りピッチ2mm)

3. ダブルカセットを使う部品種 (送りピッチ4mm)

(2.2) シングルカセットを使う部品種について、仮Z軸上に「山」を作る。

【0132】(2.2.1) 仮Z軸上に部品ヒストグラムを作成する。員数の多い順に部品種を並べる。最も員数の多い部品種をZ=1に配置する。

(2.2.2) 部品ヒストグラムを構成する部品種の個数をN

とする。

(2.2.3) 仮Z軸から実Z軸へ変換する。

【0133】 仮Z軸上のZ=1からNまでの部品種を、その順番で、実Z軸上のZ=1~2Nの範囲の奇数Z番号に配置する。

(2.3) 送りピッチが2mmのダブルカセットを使う部品種について、仮Z軸上に「山」を作る。

(2.3.1) 仮Z軸上に部品ヒストグラムを作成する。

【0134】 員数の多い順に部品種を並べる。最も員数の多い部品種をZ=1に配置する。

(2.3.2) 部品ヒストグラムを構成する部品種の個数をNとする。

(2.3.3) Nを2で割った値(小数点以下切り上げ)をMとする。

(2.3.4) ダブルカセットをM本用意する。

【0135】 (2.3.5) 第2仮Z軸を用意する。

(2.3.6) M本のダブルカセットを第2仮Z軸上のZ=1からNまで、間を詰めて配置する。

(2.3.7) 仮Z軸のZ=1からMまでの部品種を第2仮Z軸のZ=1、3、5、…、N-1の奇数Z番号に配置する。

【0136】 ダブルカセットの奇数側に配置することになる。

(2.3.8) 仮Z軸のZ=(M+1)からNまでの部品種を、第2仮Z軸のZ=2、4、6、…、Nの偶数Z番号に配置する。ダブルカセットの偶数側に配置することになる。Nが奇数の場合は、第2仮Z軸上のZ=(N-1, N)に配置されるダブルカセットは、偶数側が空きになるが、そのままとする。

【0137】 (2.3.9) 第2仮Z軸を改めて仮Z軸とする。

(2.4) 送りピッチが4mmのダブルカセットを使う部品種について、仮Z軸上に「山」を作成する。送りピッチの違いを除いて、前述の「送りピッチが2mmのダブルカセットを使う部品種について、仮Z軸上に「山」を作る」処理と同じである。

【0138】 (2.5) 送りピッチが2mmと4mmのダブルカセットの部品ヒストグラムを融合する。

(2.5.1) 送りピッチが2mmのダブルカセットの「山」と、送りピッチが4mmのダブルカセットの「山」を同じ仮Z軸上に配置する。送りピッチが2mmのダブルカセットの「山」をZ=1から配置し、それに続けて、送りピッチが4mmのダブルカセットの「山」を配置する。

【0139】 次の処理でカセットの並べ替えをするので、配置順序は逆でもかまわない。

(2.5.2) 仮Z軸上のダブルカセットを、その奇数Z番号側の部品種の員数の大きい順に並べ替える。員数が最も大きい部品種を持つダブルカセットをZ=1に配置する。ダブルカセットのペアは崩さない。

【0140】 送りピッチが2mmと4mmのダブルカセットが混在した「山」ができる。奇数Z番号の部品種の員数を見ると、単調減少するヒストグラムになる。偶数Z番号の部品種の員数を見ると、単調減少するヒストグラムになっていない場合がある。

(3) 実Z軸上にすべての「山」を[強制的に]配置する。

【0141】 「山」を前設備から詰めて配置していき、すべての「山」が実Z軸上に切り切るかどうかを調べる。部品グループの順に「山」単位で配置する。前後設備にまたがる「山」は分割し、前後設備へ振り分ける。小部品は、1つの部品グループが「シングルカセットを使用する山」と「ダブルカセットを使用する山」に分かれる。どちらか一方の「山」しかない部品グループもある。

【0142】 小部品で1つの部品グループが「シングルカセットを使用する山」と「ダブルカセットを使用する山」に分かれた場合、それぞれを独立した「山」として扱う。汎用部品は、部品グループ単位で「山」になっているとする。汎用部品は、ユーザーの指定通りに分割されているものとする。

・配置ルール

小部品については、シングルカセットとダブルカセットがあるので、次のような順序で配置する。隣接条件を考慮して、シングルカセットとダブルカセットが隣接しにくくなるような配置順序とした。

① 前設備にダブルカセットを配置する。

【0143】 (i) AブロックのZ番号=(47, 48)から、Z番号の小さいほうへ順に空きを探して配置する。

(ii) Aブロックに空きがなくなったら、BブロックのZ番号=(95, 96)へ移動し、Z番号の小さいほうへ順に空きを探して配置する。

② 前設備にシングルカセットを配置する。

【0144】 (i) BブロックのZ番号=49から、Z番号の大きいほうへ順に空きを探して配置する。

(ii) Bブロックに空きがなくなったら、AブロックのZ番号=1へ移動し、Z番号の大きい方へ順に空きを探して配置する。

③ 後設備にダブルカセットを配置する。

【0145】 (i) CブロックのZ番号=(143, 144)から、Z番号の小さいほうへ順に空きを探して配置する。

(ii) Cブロックに空きがなくなったら、DブロックのZ番号=(191, 192)へ移動し、Z番号の小さいほうへ順に空きを探して配置する。

④ 後設備にシングルカセットを配置する。

【0146】 (i) DブロックのZ番号=145から、Z番号の大きいほうへ順に空きを探して配置する。

(ii) Dブロックに空きがなくなったら、CブロックのZ

番号=97へ移動し、Z番号の大きいほうへ順に空きを探して配置する。配列固定の対象である部品種が存在する場合、それらの部品種を固定先のZ番号へ配置した後、配列固定の対象でない部品種を配置する。

【0147】ダブルカセットの配列固定については、「ダブルカセットの配列固定について」で詳述する。

(3.1) 部品グループ番号をnで表し、 $n = 0$ とする。

(3.2) (◎) nが部品グループ番号の最大値よりも大きい場合、(○)へ進む。

(3.3) 部品グループnに属するシングルカセットの「山」が存在する場合、以下の処理を行う。

【0148】(3.3.1) 前設備に配置する。

(3.3.2) その結果、前設備に載りきらないのであれば、「山」を部品種単位で分割し、前設備に載りきらない部品種を後設備に配置する。

(3.3.3) その結果、後設備に載りきらないのであれば、エラーとする。小部品の「山」を配置する場合は上記の配置ルールに従う。

【0149】(3.4) 部品グループnに属するダブルカセットの「山」が存在する場合、以下の処理を行う。

(3.4.1) 前設備に配置する。

(3.4.2) その結果、前設備に載りきらないのであれば、「山」を部品種単位で分割し、前設備に載りきらない部品種を後設備に配置する。

【0150】(3.4.3) その結果、後設備に載りきらないのであれば、エラーとする。小部品の「山」を配置する場合は上記の配置ルールに従う。

(3.5) nに1を加算する。

(3.6) (◎)へ戻る。

(3.7) (○) 前設備と後設備の「山」の状態を記憶する。

【0151】最も詰め込んだ状態で、すべての「山」を配置できたことになる。

(4) 前設備から順に「山」を詰めて配置する。負荷レベルを尺度とした前設備と後設備のバランス調整を行う際の「山」の配置の初期状態を作る。前設備→後設備の順に、前設備から詰めて、部品グループの小さい「山」から順に配置し、「山」の配置の初期状態とする。

【0152】配列固定の対象である部品種が存在する場合、配列固定の対象である部品種を固定先のZ番号へ配置した後、配列固定の対象でない部品種を配置する。配列固定の対象である部品種と、それが属している「山」が同じブロックに配置された場合、配列固定の対象である部品種を「山」に含めて、1つの「山」とし、その「山」に「刈り上げ法」を適用する。

【0153】配列固定の対象である部品種と、それが属している「山」が異なるブロックに配置された場合、別々の「山」とし、それぞれの「山」に「刈り上げ法」を適用する。

(4.1) 部品グループ番号をnで表し、 $n = 0$ とする。

(4.2) (☆) nが部品グループ番号の最大値よりも大きい場合、(★)へ進む。

【0154】(4.3) 部品グループnに属するシングルカセットの「山」が存在する場合、以下の処理を行う。

(4.3.1) 前設備に配置する。

(4.3.2) その結果、前設備に載りきらないのであれば、「山」を部品種単位で分割し、前設備に載りきらない部品種を後設備に配置する。

【0155】(4.3.3) その結果、後設備に載りきらないのであれば、エラーとする。左右ブロックのうち、Zの空きが多いほうに「山」を配置する。左右ブロックのZの空きが同じ場合には、右ブロックに配置する。左ブロックのZに空きがあるが、「山」が収まりきらない場合には、「山」を部品種単位に2分割して、左右のブロックへ配置する。

【0156】(4.4) 部品グループnに属するダブルカセットの「山」が存在する場合、以下の処理を行う。

(4.4.1) 前設備に配置する。

(4.4.2) その結果、前設備に載りきらないのであれば、「山」を部品種単位で分割し、前設備に載りきらない部品種を後設備に配置する。

【0157】(4.4.3) その結果、後設備に載りきらないのであれば、エラーとする。左右ブロックのうち、Zの空きが多いほうに「山」を配置する。左右ブロックのZの空きが同じ場合には、右ブロックに配置する。左ブロックのZに空きがあるが、「山」が収まりきらない場合には、「山」を部品種単位に2分割して、左右のブロックへ配置する。

【0158】(4.5) 前設備と後設備の「山」を負荷レベルを使って再配置する。各ブロック毎に、負荷レベルの大きい「山」がカメラ(センサ)に近くなるように、負荷レベル順で「山」を並べ替える。

(4.6) nに1を加算する。

(4.7) (☆)へ戻る。

【0159】(4.8) (★) 前設備と後設備の「山」の状態を記憶する。

(5) 「負荷レベル」を使って前後バランスをとる。

(5.1) 「負荷レベルバランス調整処理(「山」単位移動)」を行う。詳細は、後述の「負荷レベルバランス調整処理(「山」単位)」で説明している通りである。

【0160】「負荷レベルバランス調整処理(「山」単位)」の中で、最終的には、実装点単位の負荷レベルバランス調整を行う。

(6) 小部品に対して「刈り上げ法」を適用する。現在の商品版における、カセット分割処理の流れと合わせた。

(6.1) (☆) 各「山」について刈り上げ処理を行い、コア部分を残す。

【0161】(6.1.1) シングルカセットの「山」の場合奇数Z番号(Z=大→小)の順に刈り上げを行う。10点同時吸着ができなくなったら、刈り上げ処理を終了す

る。

(6.1.2)ダブルカセットの「山」の場合

偶数Z番号 (Z=大→小) → 奇数Z番号 (Z=大→小)の順に刈り上げを行う。

【0162】偶数側Z番号に1点でも員数が残っていれば、それを起点して刈り上げ処理を行う。たとえば、偶数Z番号側で1点しか吸着できなければ、奇数Z番号側で残りの9点を吸着する。奇数Z番号側で、10点同時吸着ができなくなったら、刈り上げ処理を終了する。

【0163】奇数Z番号側にコア部分が残る。

(6.2) 山_Mにフラグを設ける。フラグの初期値をTRUEとする。

(6.3) (★) 前設備と後設備の 山_Nの状態を記憶しておく。

(6.4) カセットリソースの状態を記憶しておく。

【0164】(6.5) フラグがTRUEである「山」の中から、コア部分の高さが最も高い「山」Mを探す。

(6.5.1) 「山」Mが見つからなければ、(＃)へ進む。つまり、すべての「山」に対するコア処理が終了したことになる。

(6.6) (\$) 「山」Mが使用するカセット種Kと同種のカセット1本がリソースに残っているかを調べる。

【0165】(6.7) 残っていれば、以下の処理を行う。

(6.7.1) 「山」Mが使用するカセット数にカセット種Kを1本だけ追加して、コア処理を行う。別紙「与えられたカセット本数でのコア処理方法」を参照。

(6.7.2) コアの高さが変化しなければ、(\$)へ戻る。

【0166】(6.7.3) コアの高さが低くなれば、(※)へ進む。

(6.8) 残っていなければ、以下の処理を行う。

(6.8.1) 前設備と後設備の「山」の状態を1つの前の状態に戻す。

(6.8.2) カセットリソースの状態を1つ前の状態に戻す。

(6.8.3) 「山」MのフラグをFLASEにする。

【0167】(6.8.4) (★)へ戻る。コア部分の高さが次に高い「山」を探すため、

(6.9) (※) すべての「山」を実Z軸上に配置する。

(6.10) 配置できれば、(☆)へ戻る。

(6.11) 配置できなければ、以下の処理を行う。

【0168】(6.11.1) 前設備と後設備の「山」の状態を1つの前の状態に戻す。

(6.11.2) カセットリソースの状態を1つ前の状態に戻す。

(6.11.3) 「山」MのフラグをFLASEにする。

(6.11.4) (★)へ戻る。

(7) (＃) 小部品のタスクを生成する。

【0169】(7.1) 「小部品のタスク生成処理」を行う。詳細は、後述の「小部品のタスク生成処理」で説明している通りである。

(8) 汎用部品に対して最適化を行う。

(9) 実装時間を使って前後バランスを取る。

(9.1) 「前設備から後設備への山を移動する処理」を行う。

【0170】詳細は、後述の「前設備から後設備への山を移動する処理」で説明している通りである。

3. 9 カセットブロック内の固定部品と 山_Nの配置関係

仮Z軸上の 山_Mは、配列固定の対象となっている部品テープと、配列固定の対象となっていない部品テープから構成されている。

【0171】配列固定の対象となっている部品テープを「固定部品テープ」と呼ぶ。配列固定の対象となっていない部品テープを「非固定部品テープ」と呼ぶ。カセットブロックを単に「ブロック」と呼ぶことがある。左カセットブロックを「左ブロック」と呼び、右カセットブロックを「右ブロック」と呼ぶ。

【0172】固定部品テープを固定するZ番号を「固定先」と呼ぶ。或る「部品種」から部品分割により「部品テープ」が作られ、その部品テープが「カセット」に収められて、そのカセットがZ軸に配置される…というように考える。或る部品種に対して部品分割を行わない場合は、分割数を1と考え、その部品種から部品テープが1本作られた…というように考える。

(10) 右ブロックに存在する固定先の個数を数え、NRとする。

【0173】この 山_Mに属する固定部品テープに関係する固定先のみを数える。この 山_Mに属する固定部品テープが複数存在する場合がある。1つの部品テープの固定先が複数存在する場合がある。

(11) 左ブロックに存在する固定先の個数を数え、NLとする。右ブロックの場合と同様にして、数える。

(12) NR > NLの場合、以下の処理を行う。

【0174】右ブロックの固定先が多い場合である。

(12.1) その 山_Nを右ブロックに配置する。山_Nをブロックに配置する処理については、下記を参照。詳細は、後述の「配列固定：固定先の使用可否判断」で説明している通りである。

【0175】(12.2) 右ブロックに配置できない場合は、左ブロックに配置する。右ブロックには、既に他の 山_Nが配置されており、この 山_Nを配置できるだけのZの空きが存在しないような場合である。この結果、右ブロックに固定部品テープが存在し、左ブロックに 山_Nが存在することとなるが、左右ブロックをまたいだ吸着動作は行わない。右ブロックに存在する固定部品テープと、左ブロックに存在する 山_Mは、別々の 山_Nとして扱う。

【0176】(12.2.1) 左ブロックに配置できない場合は、山_Nを部品テープ単位で2つに分割して、左右ブロックに配置する。山_Nを2分割するので、固定部品テープと同じブロックに存在する 山_Nと、固定部品テープと

異なるブロックに存在する 山_Nができる。固定部品テープと同じブロックに存在する 山_Nは、「刈り上げ法」において、仮Z軸上で1つの 山_N(ヒストグラム)として扱う。

(13) $NR = NL$ の場合、以下の処理を行う。

【0177】左右ブロックの固定先が同数である場合である。

(13.1) 左右ブロックのZの空気が大きいほうに、その 山_Nを配置する。

(13.2) 左右ブロックのZの空気が同数である場合、その 山_Nを右ブロックに配置する。

(13.3) 右ブロックに配置できない場合は、左ブロックに配置する。

【0178】右ブロックには、既に他の 山_Nが配置されており、この 山_Nを配置できるだけのZの空きが存在しないような場合である。この結果、右ブロックに固定部品テープが存在し、左ブロックに 山_Nが存在することとなるが、左右ブロックをまたいだ吸着動作は行わない。右ブロックに存在する固定部品テープと、左ブロックに存在する 山_Nは、別々の 山_Nとして扱う。

【0179】(13.3.1) 左ブロックに配置できない場合は、 山_Nを部品テープ単位で2つに分割して、左右ブロックに配置する。 山_Nを2分割するので、固定部品テープと同じブロックに存在する 山_Nと、固定部品テープと異なるブロックに存在する 山_Nができる。固定部品テープと同じブロックに存在する 山_Nは、「刈り上げ法」において、仮Z軸上で1つの 山_N(ヒストグラム)として扱う。

(14) $NR < NL$ の場合、以下の処理を行う。

【0180】左ブロックの固定先が多い場合である。

(14.1) その 山_Nを左ブロックへ配置する。

(14.2) 左ブロックに配置できない場合は、右ブロックに配置する。左ブロックには、既に他の 山_Nが配置されており、この 山_Nを配置できるだけのZの空きが存在しないような場合である。

【0181】この結果、左ブロックに固定部品テープが存在し、右ブロックに 山_Nが存在することとなるが、左右ブロックをまたいだ吸着動作は行わない。左ブロックに存在する固定部品テープと、右ブロックに存在する 山_Nは、別々の 山_Nとして扱う。

(14.2.1) 左ブロックに配置できない場合は、 山_Nを部品テープ単位で2つに分割して、左右ブロックに配置する。

【0182】 山_Nを2分割するので、固定部品テープと同じブロックに存在する 山_Nと、固定部品テープと異なるブロックに存在する 山_Nができる。固定部品テープと同じブロックに存在する 山_Nは、「刈り上げ法」において、仮Z軸上で1つの 山_N(ヒストグラム)として扱う。

3. 10 配列固定：固定先の使用可否判断

固定部品テープの元になる部品種の最大分割可能数をNDとする。

【0183】その部品種から「刈り上げ法」(コア処理)により作り出された部品テープの本数をNTとする。必ず $NT \leq ND$ である。その部品種に関係するブロック内の固定先の個数をNZとする。具体的には、

(1) 山_Nを構成する部品種について、 山_Nの一端から順に、以下の処理を行う。

【0184】(1.1) (☆) 部品種を1つ選択する。

(1.2) その部品種について $NT \leq (ND - NZ)$ である場合、以下の処理を行う。

(1.2.1) その部品種に関係する固定先を全く使用しないで、 山_Nを構成する部品テープ(NT本)をZ軸上に配置する。 山_Nの形に沿って、部品テープを配置する。

【0185】結果的に、部品テープが固定先に配置されることがあるが、それでもかまわない。

(1.2.2) 固定先には、その部品種の部品テープを配置する。最適化対象となっている基板については、この固定先から部品を吸着することはないが、他の基板で吸着すると考えて、ユーザーの指定通りに配置しておく。

【0186】(1.3) その部品種について $NT > (ND - NZ)$ である場合、以下の処理を行う。

(1.3.1) その部品種から作られ、 山_Nを構成する部品テープのうち、員数の少ないほうから $\{NT - (ND - NZ)\}$ 本の部品テープを固定先に配置する。固定先として、実Z軸上で 山_Nに近い固定先を選ぶ。

(1.3.2) 残りの部品テープを、その部品種に関係する固定先を全く使用しないで、Z軸上に配置する。

【0187】結果的に、部品テープが固定先に配置されることがあるが、それでもかまわない。

(1.4) (☆) へ戻る。

3. 11 ダブルカセットの配列固定について
ダブルカセットを対象とした配列固定の制約に対する最適化は以下の通りである。

(1) 送りピッチが2mmのダブルカセットを使う部品テープについて、仮Z軸上に「山」を作る(図59)。つまり、員数の多い順に並べた部品ヒストグラムを中間点(折り返し位置)で切断して折り返し、それら前半部及び後半部の各部品が交互に入れ違いとなるように合成する(折り返すことでベアを作成する)。

(2) 同様にして、送りピッチが4mmのダブルカセットを使う部品テープについて、仮Z軸上に「山」を作る(図60)。

(3) 送りピッチが2mmと4mmのダブルカセットの部品ヒストグラムを融合する(図61)。つまり、ダブルカットのベアを維持したまま、奇数Z番号側の部品テープの員数が多い順に並べ替える。

(4) 奇数Z番号と偶数Z番号のヒストグラムに分離する(図62)。

(5) 配列固定の制約がない場合には、そのまま実Z軸に

配置すればよい(図63)。

(6)配列固定の制約がある場合には(図64に示される部品A～Eが配列固定の対象部品とする)、以下の通りとなる。

(7)配列固定の対象となっている部品を、それを収めたダブルカセット単位で抜き取る(図65)。

(8)奇数側だけについて、非固定の部品テープを実Z軸上に戻す(図66)。

(9)「山」の隙間を詰める(図67)。

【0188】このとき、奇数側の「山」については、ダブルカセットの単位で隙間を詰めることができるが(図67(a))、偶数側の「山」については、奇数側の「山」に合わせて詰めることとするため、隙間は残ることがある(図67(b))。

(10)偶数側の部品テープを送りピッチ毎に並べ直す(図68)。具体的には、偶数側において、送りピッチが2mmの部品テープについて、実Z軸上に存在する部品テープと、配列固定対象の部品テープと一緒に抜かれた配列固定対象でない部品テープとを合わせて、員数の大きい順に並べ直し、送りピッチが2mmのダブルカセットの偶数側に収める。

【0189】偶数側の送りピッチが4mmの部品テープについても、送りピッチが2mmの部品テープと同様に処理を行う。その結果、ダブルカセット(43, 44)、(45, 46)、(47, 48)が不要となる。

3.12 LL制約：吸着方法の変更(1)

(2)Z(Z番号)と同数のフラグを設け、Zとフラグを1対1に対応させる。

(3)左ブロック内の実装点について下記の処理を行う。

【0190】(3.1)Zに配置された部品種について、以下の処理を行う。

・Zに部品種が配置されていない場合、フラグをFALSEとする。

・LL制約領域に含まれる実装点を持たない場合、フラグをFALSEとする。

・LL制約領域に含まれる実装点を持つ場合、フラグをTRUEにする。

(3.2)LL制約領域に含まれない実装点の個数を数え、Nfとする(fはfreeの意味)。

【0191】(3.3)LL制約領域に含まれる実装点の個数を数え、Nrとする(rはrestrictedの意味)。

(3.4)NfとNrのどちらかがゼロでない場合、以下の処理を繰り返す。

(3.4.1)NfとNrの両方がゼロでない場合

(i) LL制約領域に含まれない実装点を対象として、6点吸着の刈り上げを行い、Z番号の順にヘッド1～6に割り当てる。

【0192】吸着した実装点の数をPfとする。ヘッド1～6に満載できるように、複数回、吸着を行う。吸着した実装点が存在したZ番号のうち、最大のZ番号をZmaxと

する。

(ii) PfをNfから引く。

(iii) Zmaxよりも大きいZに存在し、かつ、LL制約領域に含まれる実装点を対象として、4点吸着の刈り上げを行い、Z番号の順にヘッド7～10に割り当てる。

【0193】吸着した実装点の数をPrとする。ヘッド7～10に満載できるように、複数回、吸着を行う。

(iv) PrをNrから引く。

(3.4.2) Nfがゼロでなく、Nrがゼロである場合

(i) すべての実装点を対象として、10点吸着の刈り上げを行い、Z番号の順にヘッド1～10に割り当てる。

【0194】吸着した実装点の数をPfとする。ヘッド1～10に満載できるように、複数回、吸着を行う。

(ii) 吸着した実装点数PfをNfから引く。

(3.4.3) Nfがゼロであり、Nrがゼロでない場合

(i) すべての実装点を対象として、4点吸着の刈り上げを行い、Z番号の順にヘッド7～10に割り当てる。

【0195】吸着した実装点の数をPrとする。ヘッド7～10に満載できるように、複数回、吸着を行う。ヘッド1～6には、吸着しない。

(ii) 吸着した実装点数PrをNrから引く。

(3.4.4) NfとNrがゼロである場合

左ブロックに対する処理を終了する。

(4) 右ブロック内の実装点について下記の処理を行う。

【0196】(4.1) Zに配置された部品種について、以下の処理を行う。

・Zに部品種が配置されていない場合、フラグをFALSEとする。

・LL制約領域に含まれる実装点を持たない場合、フラグをFALSEとする。

・LL制約領域に含まれる実装点を持つ場合、フラグをTRUEにする。

(4.2) LL制約領域に含まれない実装点の個数を数え、Nfとする(fはfreeの意味)。

(4.3) LL制約領域に含まれる実装点の個数を数え、Nrとする(rはrestrictedの意味)。

【0197】(4.4) NfとNrのどちらかがゼロでない場合、以下の処理を繰り返す。

(4.4.1) NfとNrの両方がゼロでない場合

(i) LL制約領域に含まれる実装点を対象として、4点吸着の刈り上げを行い、Z番号の順にヘッド7～10に割り当てる。吸着した実装点の数をPrとする。

【0198】ヘッド7～10に満載できるように、複数回、吸着を行う。吸着した実装点が存在したZ番号のうち、最大のZ番号をZminとする。

(ii) PrをNrから引く。

(iii) Zminよりも小さいZに存在し、かつ、LL制約領域に含まれない実装点を対象として、6点吸着の刈り上げを行い、Z番号の順にヘッド1～6に割り当てる。

【0199】吸着した実装点の数をPfとする。ヘッド1

～6に満載できるように、複数回、吸着を行う。

(iv) PfをNfから引く。

(4.4.2) Nfがゼロでなく、Nrがゼロである場合

(i) すべての実装点を対象として、10点吸着の刈り上げを行い、Z番号の順にヘッド1～10に割り当てる。

【0200】吸着した実装点の数をPfとする。ヘッド1～10に満載できるように、複数回、吸着を行う。

(ii) 吸着した実装点数PfをNfから引く。

(4.4.3) Nfがゼロであり、Nrがゼロでない場合

(i) すべての実装点を対象として、4点吸着の刈り上げを行い、Z番号の順にヘッド7～10に割り当てる。

【0201】吸着した実装点の数をPrとする。ヘッド7～10に満載できるように、複数回、吸着を行う。ヘッド1～6には、吸着しない。

(ii) 吸着した実装点数PrをNrから引く。

(4.4.4) NfとNrがゼロである場合右ブロックに対する処理を終了する。

(5) 終了

3. 13 LL制約：吸着方法の変更(2)

(1) Z(Z番号)と同数のフラグを設け、Zとフラグを1対1に対応させる。

(2) 左ブロック内の実装点について下記の処理を行う。

【0202】(2.1) Zに配置された部品種について、以下の処理を行う。

・Zに部品種が配置されていない場合、フラグをFALSEとする。

・LL制約領域に含まれる実装点を持たない場合、フラグをFALSEとする。

・LL制約領域に含まれる実装点を持つ場合、フラグをTRUEにする。

(2.2) LL制約領域に含まれない実装点の個数を数え、Nfとする(fはfreeの意味)。

【0203】(2.3) LL制約領域に含まれる実装点の個数を数え、Nrとする(rはrestrictedの意味)。

(2.4) NfとNrのどちらかがゼロでない場合、以下の処理を繰り返す。

(2.4.1) NfとNrの両方がゼロでない場合

(i) LL制約領域に含まれない実装点を対象として、6点吸着の刈り上げを行い、Z番号の順にヘッド1～6に割り当てる。

【0204】吸着した実装点の数をPfとする。ヘッド1～6に満載できるように、複数回、吸着を行う。吸着した実装点が存在したZ番号のうち、最小のZ番号をZfとする。

(ii) PfをNfから引く。

(iii) LL制約領域に含まれる実装点を対象として、4点吸着の刈り上げを行い、Z番号の順にヘッド7～10に割り当てる。

【0205】吸着した実装点の数をPrとする。ヘッド7～10に満載できるように、複数回、吸着を行う。吸着し

た実装点が存在したZ番号のうち、最小のZ番号をZrとする。

(iv) PrをNrから引く。

(v) Zf ≤ Zrであれば、ヘッド1～6、ヘッド7～10の順にNCデータを並べる。

【0206】ヘッド1～6、ヘッド7～10の順に吸着する。吸着順序は実装順序と一致し、実装順序は、NCデータの順序である。

(vi) Zf > Zrであれば、ヘッド7～10、ヘッド1～6の順にNCデータを並べる。ヘッド7～10、ヘッド1～6の順に吸着する。

【0207】吸着順序は実装順序と一致し、実装順序は、NCデータの順序である。

(2.4.2) Nfがゼロでなく、Nrがゼロである場合

(i) すべての実装点を対象として、10点吸着の刈り上げを行い、Z番号の順にヘッド1～10に割り当てる。吸着した実装点の数をPfとする。

【0208】ヘッド1～10に満載できるように、複数回、吸着を行う。

(ii) 吸着した実装点数PfをNfから引く。

(2.4.3) Nfがゼロであり、Nrがゼロでない場合

(i) すべての実装点を対象として、4点吸着の刈り上げを行い、Z番号の順にヘッド7～10に割り当てる。

【0209】吸着した実装点の数をPrとする。ヘッド7～10に満載できるように、複数回、吸着を行う。4点吸着タスクが多数できてしまう場合がある。

(ii) 吸着した実装点数PrをNrから引く。

(2.4.4) NfとNrがゼロである場合

左ブロックに対する処理を終了する。

(3) 右ブロック内の実装点について下記の処理を行う。

(3.1) Zに配置された部品種について、以下の処理を行う。

・Zに部品種が配置されていない場合、フラグをFALSEとする。

・LL制約領域に含まれる実装点を持たない場合、フラグをFALSEとする。

・LL制約領域に含まれる実装点を持つ場合、フラグをTRUEにする。

【0210】(3.2) LL制約領域に含まれない実装点の個数を数え、Nfとする(fはfreeの意味)。

(3.3) LL制約領域に含まれる実装点の個数を数え、Nrとする(rはrestrictedの意味)。

(3.4) NfとNrのどちらかがゼロでない場合、以下の処理を繰り返す。

【0211】(3.4.1) NfとNrの両方がゼロでない場合

(i) LL制約領域に含まれる実装点を対象として、4点吸着の刈り上げを行い、Z番号の順にヘッド7～10に割り当てる。吸着した実装点の数をPrとする。ヘッド7～10に満載できるように、複数回、吸着を行う。

【0212】吸着した実装点が存在したZ番号のうち、

最小のZ番号をZrとする。

(ii)PrをNrから引く。

(iii)LL制約領域に含まれない実装点を対象として、6点吸着の刈り上げを行い、Z番号の順にヘッド1～6に割り当てる。吸着した実装点の数をPfとする。

【0213】ヘッド1～6に満載できるように、複数回、吸着を行う。吸着した実装点が存在したZ番号のうち、最小のZ番号をZfとする。

(iv)PfをNfから引く。

(v)Zf ≤ Zrであれば、ヘッド7～10、ヘッド1～6の順にNCデータを並べる。ヘッド7～10、ヘッド1～6の順に吸着する。

【0214】吸着順序は実装順序と一致し、実装順序は、NCデータの順序である。

(vi)Zf > Zrであれば、ヘッド1～6、ヘッド7～10の順にNCデータを並べる。ヘッド1～6、ヘッド7～10の順に吸着する。吸着順序は実装順序と一致し、実装順序は、NCデータの順序である。

【0215】(3.4.2)Nfがゼロでなく、Nrがゼロである場合

(i)すべての実装点を対象として、10点吸着の刈り上げを行い、Z番号の順にヘッド1～10に割り当てる。吸着した実装点の数をPfとする。ヘッド1～10に満載できるように、複数回、吸着を行う。

【0216】(ii)吸着した実装点数PfをNfから引く。

(3.4.3)Nfがゼロであり、Nrがゼロでない場合

(i)すべての実装点を対象として、4点吸着の刈り上げを行い、Z番号の順にヘッド7～10に割り当てる。吸着した実装点の数をPrとする。

【0217】ヘッド7～10に満載できるように、複数回、吸着を行う。4点吸着タスクが多数できてしまう場合がある。

(ii)吸着した実装点数PrをNrから引く。

(3.4.4)NfとNrがゼロである場合

右ブロックに対する処理を終了する。

(4)終了

3.14 LL制約：Z軸上の部品種の入れ替え(1)

(1)この段階までに、「刈り上げ法」により、すべての山が確定しているものとする。

(2)Aブロックについて、位置Z = 1～11について、以下の処理を行う。

【0218】(2.1)位置Zに存在する部品種を部品種Kとし、部品種Kに属する実装点のX座標の最大値Xmaxを求める。位置Zに部品種が存在しなければ、Xmax = 0とする。

(2.2)Xmax ≤ 400.0[mm]である場合

(部品種KがLL制約領域に存在する実装点を持たない場合)

(2.2.1)何もしない。

【0219】ノズル1で実装できる実装点のX座標の最

大値が400.0[mm]である。

(2.3)Xmax > 400.0[mm]である場合

(部品種KがLL制約領域に存在する実装点を持つ場合)

(2.3.1)部品種Kを含む山Mを構成し、かつ、Z = 12以降に存在する部品種の中から、LL制約領域に実装点を持たず、かつ、部品種Kと員数が近い部品種を見つけ、それと部品種Kを入れ替える。

【0220】ダブルカセットを使用する部品種の場合は、送りピッチが一致することも必要である。

(2.3.2)見つからない場合、Aブロックに存在し、かつ、山Mではない山を構成し、かつ、Z = 12以降に存在する部品種の中から、LL制約領域に実装点を持たず、かつ、員数が最小の部品種を見つけ、それと入れ替える。

【0221】異なる部品グループの部品種との入れ替えとなる場合がある。ダブルカセットを使用する部品種の場合は、送りピッチが一致することも必要である。

(2.3.3)見つからない場合、Bブロックに存在する山を構成する部品種の中から、LL制約領域に実装点を持たず、かつ、員数が最小の部品種を見つけ、それと入れ替える。

【0222】異なる部品グループの部品種との入れ替えとなる場合がある。1つのタスクについて、AブロックとBブロックの両方から吸着する場合がある。ダブルカセットを使用する部品種の場合は、送りピッチが一致することも必要である。

【0223】(2.3.4)見つからない場合、実装不可能とする。

(3)終了する。

3.15 LL制約：Z軸上の部品種の入れ替え(2)

(1)この段階までに、「刈り上げ法」により、すべての山が確定しているものとする。

(2)タスクを生成する。

(3)各タスクのヘッド番号と位置Zの対応を調べて、位置Zのそれぞれについて、そこから実装点を吸着するヘッド番号の最小値を求める。

(4)Aブロックについて、位置Z = 1～11について、以下の処理を行う。

【0224】(4.1)位置Zに存在する部品種を部品種Kとし、部品種Kに属する実装点のX座標の最大値Xmaxを求める。位置Zに部品種が存在しなければ、Xmax = 0とする。

(4.2)位置Zから実装点を吸着する、最小のヘッド番号で装着できるX座標の最大値をXhとする。

【0225】(4.3)Xmax ≤ Xhである場合

(部品種KがLL制約領域に存在する実装点を持たない場合)

(4.3.1)何もしない。

(4.4)Xmax > Xhである場合

(部品種KがLL制約領域に存在する実装点を持つ場合)

(4.4.1)部品種Kを含む山Mを構成し、かつ、Z = 12以

降に存在する部品種の中から、LL制約領域に実装点を持たず、かつ、部品種Kと員数が近い部品種を見つけ、それと部品種Kを入れ替える。

【0226】ダブルカセットを使用する部品種の場合は、送りピッチが一致することも必要である。

(4.4.2) 見つからない場合、Aブロックに存在し、かつ、山Mではない山を構成し、かつ、 $Z = 12$ 以降に存在する部品種の中から、LL制約領域に実装点を持たず、かつ、員数が最小の部品種を見つけ、それと入れ替える。

【0227】異なる部品グループの部品種との入れ替えとなる場合がある。ダブルカセットを使用する部品種の場合は、送りピッチが一致することも必要である。

(4.4.3) 見つからない場合、Bブロックに存在する山を構成する部品種の中から、LL制約領域に実装点を持たず、かつ、員数が最小の部品種を見つけ、それと入れ替える。

【0228】異なる部品グループの部品種とのm入れ替えとなる場合がある。1つのタスクについて、AブロックとBブロックの両方から吸着する場合がある。ダブルカセットを使用する部品種の場合は、送りピッチが一致することも必要である。

【0229】(4.4.4) 見つからない場合、実装不可能とする。

(5) 終了する。

3. 16 XLサイズ基板への対応 (XL制約)

下記の方法により、XL制約を回避する。

- (1) 実装点座標による前設備/後設備への割り当て
- (2) 実装点座標による部品分割
- (3) 前設備と後設備の両方で実装できる領域を利用した初期振り分け
- (4) LL制約の回避

具体的には、以下の通りである。

(1) 実装点座標による前設備/後設備への割り当て
いま、実装点座標による前設備/後設備への割り当ては、図20に示されるテーブルとする。

(2) 実装点座標による部品分割

(2.1) 部品種が持つ実装点座標によって、次の3通りがある。

【0230】(i) 部品種を前設備へ割り当てる。

(ii) 部品種を後設備へ割り当てる。

(iii) 部品種を前設備と後設備の分割して割り当てる。

(2.2) 上記(3)の場合、部品分割が必要となる。員数を前設備/後設備へ配分するのではなく、実装点そのものを前設備/後設備へ配分する。

(3) 前設備と後設備の両方で実装できる領域を利用した初期振り分け

(3.1) 図20に示された領域①②に対応する部品種を前設備に振り分ける。

【0231】(3.1.1) 領域①②に対応する部品種毎に負荷レベルを計算し、その合計を前設備の負荷レベルとする。

る。

(3.2) 領域③④に対応する部品種を後設備に振り分ける。

(3.2.1) 領域③④に対応する部品種毎に負荷レベルを計算し、その合計を前設備の負荷レベルとする。

【0232】(3.3) 領域⑤⑥⑦に対応する部品種を、部品グループの順に、員数の多い順に、置けるだけ、前設備のZに配置する。

(3.3.1) 置いた部品種の負荷レベルを計算し、前設備の負荷レベルに加算する。

(3.4) 領域⑤⑥⑦に対応する部品種の中で、前設備に配置できなかった部品種は、後設備のZに配置する。

【0233】(3.4.1) 置いた部品種の負荷レベルを計算し、後設備の負荷レベルに加算する。

もしも、後設備に置ききれなかったら、エラーとする。

(3.5) (前設備の負荷レベル) < (後設備の負荷レベル) である場合

(3.5.1) これ以上、バランスは良くならないので、終了する。

【0234】(3.6) (前設備の負荷レベル) > (後設備の負荷レベル) である場合、以下の処理を繰り返す。

(3.6.1) 前設備にある領域④⑤⑥に対応する部品種の中で、最大の部品グループ番号であり、かつ、員数が最小の部品種を後設備へ送る。もしも、後設備に送れなくなったら (= 後設備のZの空きがなくなったら)、これ以上、バランスは良くならないので、終了とする。

【0235】(3.6.2) 前設備の負荷レベルと後設備の負荷レベルを再計算する。

(4) LL制約の回避

(4.1) 前設備における領域②⑤は、LL制約領域なので、LL制約に対応した処理を行う。

(4.2) 後設備における領域③⑥は、LL制約領域なので、LL制約に対応した処理を行う。

3. 17 負荷レベルバランス調整処理 (「山」単位)
特徴は以下の通りである。

【0236】(i) 前設備の負荷レベルが後設備の負荷レベルよりも高い状態を初期状態として、前設備から後設備へ「山」種単位で移動することにより、負荷レベルバランスを調整する。

(ii) バランス点上に存在する「山」について、部品種単位で負荷レベルバランス調整を行う。詳細は、後述の「負荷レベルバランス調整処理 (部品種単位) (A)」で説明している通りである。

【0237】具体的な手順は以下の通りである。

(1) すべての山にフラグを設ける。

フラグの初期値はTRUEとする。

(2) (☆) 前設備に配置された、すべての山のフラグがFALSEである場合、以下の処理を行う。

【0238】(2.1) (※) へ進む。

前設備に配置されていたすべての山が後設備に移動され

た場合になる（これはありえないはず）。

(3) 現在の前設備と後設備の山の配置状態を記憶する。

(4) 移動対象となる山Mを選ぶ処理を以下のように行う。

【0239】(4.1)前設備に配置された山を構成する部品種（部品テープ）について、その部品グループ番号の最大値を求め、PGmaxとする。

(4.2) 部品グループ番号がPGmaxである部品種を収めたシングルカセットまたはダブルカセットから構成された山について、すべての山のフラグがFALSEである場合、以下の処理を行う。

【0240】(4.2.1)前設備から後設備への山を移動する処理を終了する。移動対象となる山が残っていないので、前設備から後設備への山を移動する処理を終了する。ラインバランスが取れているとは限らない。

(4.3) 「部品番号がPGmaxである部品種を収めたシングルカセットから構成される山」と、「部品番号がPGmaxである部品種を収めたダブルカセットから構成される山」の両方が存在する場合

(4.3.1)シングルカセットから構成される山を山Mとする。

【0241】(4.4)「部品番号がPGmaxである部品種を収めたシングルカセットから構成される山」と「部品番号がPGmaxである部品種を収めたダブルカセットから構成される山」のどちらか一方だけが存在する場合

(4.4.1)その山を山Mとする。

(5)前設備に配置されている山の中から山Mを取り除き、残りの山を再配置する。

(6)後設備に配置されている山に山Mを加えて、それらの山を再配置する。

(7)前設備あるいは後設備において、ノズル関係の制約を満足できない場合、以下の処理を行う。

【0242】(7.1)前設備と後設備の山の配置状態を記憶しておいた状態へ戻す。

(7.2)山MのフラグをFALSEに設定する。この山Mは、これ以降、移動の対象にならない。

(7.3) (◎)へ進む。

(8)前設備あるいは後設備において、山をZ軸に置ききれない場合、以下の処理を行う。

【0243】(8.1)前設備と後設備の山の配置状態を記憶しておいた状態へ戻す。

(8.2) (※)へ進む。

移動できる山は、山Mしかないので、山Mを部品種単位に分割し、前設備と後設備へ振り分けることで、ラインバランスを改善することを試みる。この山Mはラインバランス点上にあるとは限らないので、ラインバランスを改善できても、ラインバランスを完全にすることはできない可能性がある。

(9)前設備の負荷レベルを計算する。

【0244】(9.1)小部品について負荷レベルを計算する。

(9.2)汎用部品について負荷レベルを計算する。

(9.3)小部品の負荷レベルと汎用部品の負荷レベルを加算し、前設備の負荷レベルとする。

(10)後設備の負荷レベルを計算する。

【0245】(10.1)小部品について負荷レベルを計算する。

(10.2)汎用部品について負荷レベルを計算する。

(10.3)小部品の負荷レベルと汎用部品の負荷レベルを加算し、後設備の負荷レベルとする。

(11)前設備の実装時間と後設備の負荷レベルが一致した場合、以下の処理を行う。

【0246】(11.1) (※)へ進む。

前設備と後設備の負荷レベルのバランスが完全に取れたことになる

(12)前設備の負荷レベルが後設備の負荷レベルよりも小さい場合、以下の処理を行う。

(12.1)前設備と後設備の山の配置状態を記憶しておいた状態へ戻す。

【0247】(12.2)山Mに対して「負荷レベルバランス調整処理（部品種単位）」を行う。バランス点上に存在する「山」について、部品種単位で負荷レベルバランス調整を行う。詳細は、後述の「負荷レベルバランス調整処理（部品種単位）(A)」で説明している通りである。

(12.3) (※)へ進む。

【0248】山Mがラインバランス点上にあることになる。山Mが前設備に配置された状態に戻す。これ以降、山Mを部品種単位に分割し、前設備と後設備へ振り分けることで、ラインバランスを改善することを試みる。

(13)前設備の負荷レベルが後設備の負荷レベルよりも長い場合、以下の処理を行う。

【0249】(13.1)山MのフラグをFALSEに設定する。山Mは移動済みとする。

(13.2) (◎)へ進む。更に山単位での移動を行う。

(14) (◎)上記(☆)へ戻る。

(15) (※)「負荷レベルバランス調整処理（「山」単位）」を終了する。

3. 18 負荷レベルバランス調整処理（部品種単位）特徴は以下の通りである。

【0250】(i)前設備の負荷レベルが後設備の負荷レベルよりも高い状態を初期状態として、前設備から後設備へ部品種単位で移動することにより、負荷レベルバランスを調整する。

(ii)負荷レベルの精度が良くないので、実装点単位の負荷レベルバランス調整は行わない。

【0251】具体的な手順は以下の通りである。

(1)山Mを構成する部品種にフラグを設ける。フラグの初期値はTRUEとする。

(2)山Mの部品（種）リストを作成する。

(3) (☆)部品リストにある、すべての部品種のフラグがFALSEである場合、以下の処理を行う。

【0252】(3.1) (※)へ進む。「負荷レベルバランス調整処理(部品種単位)」を終了する。

(4) 前設備と後設備の山の配置状態を記憶する。

(5) 部品リストにある、フラグがTRUEである部品種の中から、員数が最小の部品種Kを選ぶ。

(6) 部品種Kを後設備に割り当てる。

(7) 部品リストに残っている、フラグがTRUEであり、かつ、前設備にも後設備にも割り当てられていない部品種を前設備に割り当てる。

【0253】山M以外の山は、前設備あるいは後設備に割り当てられている。

(8) 前設備について、負荷レベルを計算する。

(8.1) 小部品の負荷レベルを計算する。

(8.2) 汎用部品の負荷レベルを計算する。

(8.3) 小部品の負荷レベルと汎用部品の負荷レベルを加算し、前設備の負荷レベルとする。

(9) 後設備について、負荷レベルを計算する。

【0254】(9.1) 小部品の負荷レベルを計算する。

(9.2) 汎用部品の負荷レベルを計算する。

(9.3) 小部品の負荷レベルと汎用部品の負荷レベルを加算し、後設備の負荷レベルとする。

(10) 前設備の負荷レベルと後設備の負荷レベルが同じ場合、以下の処理を行う。

【0255】(10.1) (※)へ進む。前設備と後設備の負荷レベルのバランスが完全に取れたことになる。

(11) 前設備の負荷レベルが後設備の負荷レベルよりも低い場合、以下の処理を行う。

(11.1) 部品種KのフラグをFALSEに設定する。

【0256】部品種Kは移動済みとする。

(11.2) (※)へ進む。部品種Kを前設備から後設備へ移動したことにより、前設備よりも後設備の負荷レベルが高くなったので、部品種単位の移動による、負荷レベルバランス調整を終了する。

(12) 前設備の負荷レベルが後設備の負荷レベルよりも高い場合、以下の処理を行う。

【0257】(12.1) 部品種KのフラグをFALSEに設定する。部品種Kは移動済みとする。

(12.2) (☆)に戻る。更に部品種単位での移動を行う。

(13) (※)「負荷レベルバランス調整処理(部品種単位)」を終了する。

3. 19 前設備から後設備へ山を移動する処理

(1) すべての山にフラグを設ける。

【0258】フラグの初期値はTRUEとする。

(2) (☆) 前設備に配置された、すべての山のフラグがFALSEである場合、以下の処理を行う。

(2.1) (※)へ進む。前設備に配置されていたすべての山が後設備に移動された場合になる(これはありえないはず)。

(3) 現在の前設備と後設備の山の配置状態を記憶する。

(4) 移動対象となる山Mを選ぶ処理を以下のように行う。

【0259】(4.1) 前設備に配置された山を構成する部品種(部品テープ)について、その部品グループ番号の最大値を求め、PGmaxとする。

(4.2) 部品グループ番号がPGmaxである部品種を収めたシングルカセットまたはダブルカセットから構成された山について、すべての山のフラグがFALSEである場合、以下の処理を行う。

【0260】(4.2.1) 前設備から後設備への山を移動する処理を終了する。移動対象となる山が残っていないので、前設備から後設備への山を移動する処理を終了する。ラインバランスが取れているとは限らない。

(4.3) 「部品番号がPGmaxである部品種を収めたシングルカセットから構成される山」と、「部品番号がPGmaxである部品種を収めたダブルカセットから構成される山」の両方が存在する場合

(4.3.1) シングルカセットから構成される山を山Mとする。

【0261】(4.4) 「部品番号がPGmaxである部品種を収めたシングルカセットから構成される山」と「部品番号がPGmaxである部品種を収めたダブルカセットから構成される山」のどちらか一方だけが存在する場合

(4.4.1) その山を山Mとする。

(5) 前設備に配置されている山の中から山Mを取り除き、残りの山を再配置する。

(6) 後設備に配置されている山に山Mを加えて、それらの山を再配置する。

(7) 前設備あるいは後設備において、ノズル関係の制約を満足できない場合、以下の処理を行う。

【0262】(7.1) 前設備と後設備の山の配置状態を記憶しておいた状態へ戻す。

(7.2) 山MのフラグをFALSEに設定する。この山Mは、これ以降、移動の対象にならない。

(7.3) (◎)へ進む。

(8) 前設備あるいは後設備において、山をZ軸に置ききれない場合、以下の処理を行う。

【0263】(8.1) 前設備と後設備の山の配置状態を記憶しておいた状態へ戻す。

(8.2) (※)へ進む。移動できる山は、山Mしかないので、山Mを部品種単位に分割し、前設備と後設備へ振り分けることで、ラインバランスを改善することを試みる。この山Mはラインバランス点上にあるとは限らないので、ラインバランスを改善できても、ラインバランスを完全にすることはできない可能性がある。

(9) 前設備について、タスクを生成する。

【0264】(9.1) 小部品についてタスクを生成する。

(9.2) 汎用部品についてタスクを生成する。

(10) 後設備について、タスクを生成する。

(10.1) 小部品についてタスクを生成する。

(10.2) 汎用部品についてタスクを生成する。

(11) 前設備と後設備について、実装時間を計算する。

【0265】前設備と後設備の両方で山が配置できている場合である。

(12)前設備の実装時間と後設備の実装時間が一致した場合、以下の処理を行う。

(12.1) (※)へ進む。前設備と後設備のバランスが完全に取れたことになる

(13)前設備の実装時間が後設備の実装時間よりも短い場合、以下の処理を行う。

【0266】(13.1)前設備と後設備の山の配置状態を記憶しておいた状態へ戻す。

(13.2)山Mに対して「前設備から後設備へ部品種を移動する処理」を行う。

(13.3) (※)へ進む。山Mがラインバランス点上にあることになる。山Mは、前設備に配置された状態に戻す。

【0267】これ以降、山Mを部品種単位に分割し、前設備と後設備へ振り分けることで、ラインバランスを改善することを試みる。

(14)前設備の実装時間が後設備の実装時間よりも長い場合、以下の処理を行う。

(14.1)山MのフラグをFALSEに設定する。

(14.2) (◎)へ進む。

【0268】前設備から後設備へ更に山を移動する必要がある場合である。

(15) (◎)上記(☆)へ戻る。

(16) (※)「前設備から後設備への山を移動する処理」を終了する。

3.20 前設備から後設備へ部品種を移動する処理 (A)

特徴は以下の通りである。

【0269】(i)前設備の実装時間が後設備の実装時間よりも長い状態を初期状態として、前設備から後設備へ部品種単位で移動することにより、実装時間のバランスを調整する。

(ii)移動する部品種の個数は少ないとはいえない。後設備に移動する部品種が多い。

【0270】部品種を前設備と後設備に配置することがある。部品分割を行う。

(iii)バランスは良い。具体的な手順は以下の通りである。

(1)山Mを構成する部品種にフラグを設ける。フラグの初期値はTRUEとする。

(2)山Mの部品(種)リストを作成する。

(3) (☆)部品リストにある、すべての部品種のフラグがFALSEである場合、以下の処理を行う。

【0271】(3.1) (※)へ進む。「前設備から後設備へ部品種を移動する処理」を終了する。

(4)前設備と後設備の山の配置状態を記憶する。

(5)部品リストにある、フラグがTRUEである部品種の中から、員数が最小の部品種Kを選ぶ。

(6)部品種Kを後設備に割り当てる。

(7)部品リストに残っている、フラグがTRUEであり、かつ、前設備にも後設備にも割り当てられていない部品種を前設備に割り当てる。

【0272】山M以外の山は、前設備あるいは後設備に割り当てられている。

(8)前設備について、タスクを生成する。

(8.1)小部品のタスクを生成する。コア処理により部品分割が行われる。

(8.2)汎用部品のタスクを生成する。

【0273】ユーザー指定通りに部品分割を行う。

(9)後設備について、タスクを生成する。

(9.1)小部品のタスクを生成する。コア処理により部品分割が行われる。

(9.2)汎用部品のタスクを生成する。

【0274】ユーザー指定通りに部品分割を行う。

(10)前設備の実装時間と後設備の実装時間を計算する。

(11)前設備の実装時間と後設備の実装時間が同じ場合、以下の処理を行う。

(11.1) (※)へ進む。前設備と後設備のバランスが完全に取れたことになる。

(12)前設備の実装時間が後設備の実装時間よりも短い場合、以下の処理を行う。

【0275】(12.1)部品種KのフラグをFALSEに設定する。部品種Kは、移動済みとする。

(12.2)部品種Kに対して「前設備から後設備へ実装点を移動する処理」を行う。部品種Kを前設備から後設備へ移動したことにより、前設備よりも後設備の実装時間が長くなったので、部品種Kを分割し、前設備と後設備に振り分けて、ラインバランスを改善する。

【0276】(12.3) (※)へ進む。

(13)前設備の実装時間が後設備の実装時間よりも長い場合、以下の処理を行う。

(13.1)部品種KのフラグをFALSEに設定する。部品種Kは、移動済みとする。

(13.2) (☆)に戻る。

【0277】更に部品種単位での移動を行う。

(14) (※)「前設備から後設備へ部品種を移動する処理」を終了する。

3.21 前設備から後設備へ実装点を移動する処理

部品種Kを実装点単位で分割し、前設備と後設備に振り分ける処理を以下のように行う。

(1)実装点をy座標の小さい順に並べる。

【0278】(1.1)y座標が同じ場合はx座標の小さい順に並べる。これを実装点リストを呼ぶ。部品種Kを実装点単位で分割し、前設備と後設備に振り分けた場合、前設備または後設備に、部品種Kが1つだけ配置される可能性がある。そのような場合、実装点の近い実装点が集まっていたほうが有利と考えられるので、ここでは実装点をその座標で並べ替えた。

【0279】もしも「食欲法」において、前設備と後設

備に在る同じ部品種について、共通に適用されるのであれば、この並べ替えは不要である。前設備と後設備とで独立に「貪欲法」を適用するのであれば、この並べ替えが有効である。

(2) 前設備に割り当てる実装点の個数を示す値 n に1を設定する。

(3) (☆) n が部品種 K の実装点数よりも大きい場合、以下の処理を行う。

【0280】(3.1) (※)へ進む。「前設備から後設備へ実装点を移動する処理」を終了する。

(4) 実装点リストの先頭から n 番目までの実装点を前設備へ割り当てる。

(5) 実装点リストの $(n+1)$ 番目から最後までの実装点を後設備へ割り当てる。

(6) 前設備について、タスクを生成する。

【0281】(6.1) 小部品のタスクを生成する。コア処理により部品分割が行われる。

(6.2) 汎用部品のタスクを生成する。ユーザー指定通りに部品分割を行う。

(7) 後設備について、タスクを生成する。

【0282】(7.1) 小部品のタスクを生成する。コア処理により部品分割が行われる。

(7.2) 汎用部品のタスクを生成する。ユーザー指定通りに部品分割を行う。

(8) 前設備の実装時間と後設備の実装時間を計算する。

(9) 前設備の実装時間と後設備の実装時間が同じ場合、以下の処理を行う。

【0283】(9.1) (※)へ進む。「前設備から後設備へ実装点を移動する処理」を終了する。前設備と後設備のバランスが完全に取れたことになる。

(10) 前設備の実装時間が後設備の実装時間よりも短い場合、以下の処理を行う。

(10.1) (※)へ進む。

【0284】「前設備から後設備へ実装点を移動する処理」を終了する。前設備と後設備のバランスは、かなり良くなっているが、完全ではない。

(11) 前設備の実装時間が後設備の実装時間よりも長い場合、以下の処理を行う。

(11.1) n に1を加算する。

(11.2) (☆)に戻る。

【0285】前設備から後設備へ更に実装点を移動する。

(12) (※)「前設備から後設備へ実装点を移動する処理」を終了する。

3.22 ラインバランス処理でのスワップ処理

次に、移動先のZ軸に空きがない場合におけるラインバランス処理（スワップ処理）について、Z軸に空きがある場合と比較しながら説明する。

【0286】図69(a), (b)は、Z軸に空きがある場合における前設備と後設備の実装時間の例、及び、

そのときのラインバランス処理を示す説明図であり、図69(c), (d)は、Z軸に空きがない場合における前設備と後設備の実装時間の例、及び、そのときのラインバランス処理（スワップ処理）を示す説明図である。

【0287】Z軸に空きがある場合は、図69(a), (b)に示されるように、上述(3.19~3.21)の移動処理の通りであり、この例では、両実装時間の差を解消するために、7.5秒分の部品を前設備から後設備に移動することによってバランスをとる。一方、Z軸に空きがない場合は、図69(c), (d)に示されるように、前設備に振り分けられている員数の多い部品Bと、後設備に振り分けられている員数の少ない部品Aとを、部品カセット（部品種）の単位で、スワップする。これによって、それら員数の差に相当する実装時間が前設備から後設備に移動することとなり、実装時間が標準化される。

3.23 ダブルカセットの「刈り上げ法」

ダブルカセットを対象とした「刈り上げ法」は以下の通りである。

(1) 送りピッチが2mmのダブルカセットを使う部品種について、仮Z軸上に「山」を作る（図70）。つまり、員数の多い順に並べた部品ヒストグラムを中間点（折り返し位置）で切断して折り返し、それら前半部及び後半部の各部品が交互に入れ違いとなるように合成する（折り返すことでペアを作成する）。

(2) 同様にして、送りピッチが4mmのダブルカセットを使う部品種について、仮Z軸上に「山」を作る（図71）。

(3) 送りピッチが2mmと4mmのダブルカセットの部品ヒストグラムを融合する（図72）。つまり、ダブルカットのペアを維持したまま、奇数Z番号側の部品種の員数が多い順に並べ替える。

(4) 奇数Z番号と偶数Z番号のヒストグラムに分離する（図73）。

(5) 各ヒストグラムにおいて、員数の小さい部品種から刈り上げていくことで、10点同時吸着の吸着パターンを作っていく（図74）。その結果、それぞれのヒストグラムにおいて、コア部分が残る。

(6) 補完パターンを作る（図75）。つまり、コア部分の実装点数は、奇数側が92点、偶数側が12点であり、合計で104点となっているので、10点タスクを10個作る（4点タスクが1つ残す）。

【0288】ここでは、偶数側のコアの員数は最大で3なので、偶数側に10点タスクを3個作り、残りのタスクは奇数側に作る。

(7) 補完部品テープを並べる（図76）。本図において、補完部品テープは、奇数側では、「*」で示され、偶数側では、「#」で示されている。なお、本図のように、奇数側と偶数側の補完部品テープの本数が一致しない場合がある。

(8) 奇数側の補完部品テープに偶数側の補完部品テープを重ねる (図77)。

(9) 合成された補完部品テープに実装点を割り当てる (図78)。

【0289】このとき、奇数側と偶数側で合成した補完部品テープは、1つの部品種だけで構成されている。したがって、合成を解除 (分割) して、奇数側と偶数側の補完テープを作ると、それらは送りピッチが必ず一致するので、ペアとしてダブルカセットに収めることができる。

(10) 合成された補完部品テープを偶数側と奇数側に分割する (図79)。

(11) 吸着パターンを作る (図80)。

【0290】このようなカセット配列とすることで、2つの部品種がダブルカセットに収納される際には同一の送りピッチの部品種だけが収納されなければならないという制約が満たされ、かつ、少ない吸着パターン (同時吸着できる頻度が高い) で実装される。

3. 24 ノズル交換のアルゴリズム

図11に示されるように、部品の種類によって、吸着可能なノズルのタイプが限定される。従って、作業ヘッドは、部品を吸着するに際し、予め、吸着しようとする部品種に対応したタイプのノズルを装着しておく (ノズルステーションにおいてノズル交換しておく) 必要がある。

【0291】よって、最適化においては、ノズル交換の頻度を抑制するように、部品種 (部品カセット) の配列を決定しておく処理が必要となる。そのためのアルゴリズム (「ノズル交換のアルゴリズム」) は以下の通りである。図81は、ノズル交換のアルゴリズムを説明するための図であり、図81(a)は、対象の部品の種類 (使用可能なノズルの番号) と員数を示す表であり、図81(b)は、処理過程を示す部品ヒストグラムである。ここで、図81(b)の部品に付された数値はノズル番号を示し、矢印は部品分割による吸着パターンの作成処理を示し、円で囲まれた数値は吸着パターンを指す。ここでは、「刈り上げ法」の応用で対応している。具体的には、

①まず、大型部品であるために「隣接の条件」で10個単位にできないものは対象から除外する。ここで、「隣接の条件」とは、部品がヘッドによって吸着・移動・装着される際に確保すべき空間的なクリアランスであり、実装時における部品どうしの接触等为了避免するために確保すべき空間的なマージンである。

②ノズル単位で部品員数順に並べる。

【0292】ここでは、部品の種類 (使用可能なノズルの番号) と員数は図81(a)に示される通りであるので、図81(b)における左の5列分の部品並びとなる。

③トータル員数からタスク数の枠を作成する。この例で

は、合計員数が67個であるので、70個の枠を作成する。

④10ノズルを満たすように、員数の多い部品から山を崩す。

【0293】具体的なルールは以下の通りである。

・部品の員数の多いものから (ここでは、部品番号5から) 枠に入るように上部からつめる。

・この時、最大分割制約と同様に、手持ちノズル本数とする。つまり、この制約の中で分割を実施する。

⑤最終的に、枠を決めた中に収めるようにする。

【0294】これにより、タスク数は最小のタスクの中に収まることとなる。

⑥上記の手順は、あくまでノズル構成を考慮した最適化であるので、次に、ノズルの配置及びタスクの順番について、大型部品を含めて構成を見直す。具体的には、大型部品については、上記で決定されたタスク構成の中で、間に入れるなどの処理をする。

⑦この例では、タスクの順番を見直すことにより、ノズルチェンジは1回のみ (⑥→⑦の間でのみ) ノズル交換が発生する。

4. 画面表示例

次に、本最適化装置300が有するユーザーインターフェースの機能を説明する。つまり、最適化プログラム格納部305に格納された最適化プログラムに基づいて、最適化装置300がユーザーと対話するために、演算制御部301が表示部302に表示する画面表示例を中心に説明する。

4. 1 メイン画面

この画面では、図82に示されるように、最適化装置300は、最適化の状態及び品種プログラムの情報を表示する。各表示項目 (以下、[] で囲まれた項目) 及びその表示項目を選択したときに表示されるポップアップメニューから選択することができる項目 (以下、* が添付された項目) の意味 (最適化装置300の処理) は、以下の通りである。

① メニュー

[ファイル]

* 開く

ユーザから品種プログラムや各種ライブラリの選択を取得し、品種プログラムを読み込む。読み込み結果 (品種プログラム名、実装点数、部品種類、設備情報、最適化情報) をメイン画面に表示する。

【0295】* 上書き保存

上書き確認メッセージで「はい」が押下された場合、最適化された品種プログラムを上書き保存する。

* 名前を付けて保存

名前を付けて保存画面を表示し、最適化された品種プログラムを入力された保存ファイル名で保存する。

【0296】* 閉じる

選択中の品種プログラムを閉じる。

***最適化の終了**

アプリケーションを終了する。

[最適化]

***最適化**

読込んだ品種プログラム情報を最適化し、その最適化結果のシミュレーションを実行して、結果をメイン画面に表示する。最適化を行う前に、各種リソース及び最適化条件の設定を可能とするためである。

【0297】*停止

最適化を停止する。

***最適化詳細情報**

最適化詳細情報画面を表示する。

[設定] 最適化リソースの設定と最適化条件の設定を行う。

【0298】・リソース

***カセット個数設定**

カセット個数設定画面を表示する。これに対し、ユーザーは、本設備で使用可能なカセット個数を入力することができる。

***部品分割数設定**

部品分割数設定画面を表示する。これに対し、ユーザーは、同時吸着するための部品分割数を指定することができる。

【0299】*ノズル本数設定

ノズル本数設定画面を表示する。これに対し、ユーザーは、本設備で使用可能なノズル本数を入力することができる。

***ノズルステーション選択**

ノズルステーション選択画面を表示する。これに対し、ユーザーは、本設備で使用可能なノズルステーションのプレートIDを入力することができる。

【0300】・最適化条件

***オプション設定**

オプション設定画面を表示する。これに対し、ユーザーは、本設備のオプション仕様及び最適化条件を設定することができる。

***Z軸情報**

Z軸情報画面を表示する。各Z軸に配置された部品の特性を表示する。

【0301】*ノズルステーション情報

ノズルステーション情報画面を表示する。本設備のノズルステーション情報を表示する。

[印刷] 最適化情報、リソース情報等を最適化装置300が備えるプリンター等に印刷する。

【0302】*最適化詳細情報

最適化詳細情報の印刷を実行する。

***Z軸情報**

Z軸情報の印刷を実行する。

***ノズルステーション情報**

ノズルステーション情報の印刷を実行する。

【0303】*カセット個数情報

カセット個数情報の印刷を実行する。

***部品分割数情報**

部品分割数情報の印刷を実行する。

***ノズル本数情報**

ノズル本数情報の印刷を実行する。

【0304】*ノズルステーション選択情報

ノズルステーション選択情報の印刷を実行する。

[ヘルプ] 画面のバージョン、ヘルプの管理を行う。

***ヘルプ**

ヘルプを起動する。

【0305】*バージョン情報

バージョン情報を表示する。

㉔ 最適化情報

最適化前／後の情報をステージ(1st、2nd)毎に表示する。

***実装時間(秒)**

最適化前／後のシミュレーションした結果を表示する。

【0306】*最適化率(%)

最適化前／後の実装時間を比率(%)で表示する。

<計算式> (最適化後実装時間／最適化前実装時間)

*100

***CPH(点)**

1時間あたりの実装点数を表示する。

【0307】

<計算式> (実装点数／実装時間)*3600(秒)

***タスク数**

タスク数を表示する。

㉕ 設備情報

設備の情報をステージ(1st、2nd)毎に表示する。

【0308】*ヘッドタイプ

前／後設備のヘッドタイプを表示する。(10ヘッド)

***カメラ**

前／後設備のカメラ状態を表示する。(2Dセンサ、2D+3Dセンサ)

***トレイ**

前／後設備のトレイ状態を表示する。(手置きトレイ、エレベータトレイ)

***実装点数**

品種プログラム内の前／後設備の実装点数を表示する。

【0309】*部品種類

品種プログラム内の前／後設備の部品種類数を表示する。

㉖ 品種プログラム情報

現在選択中品種プログラムの情報を表示する。

***品種プログラム名**

現在選択中の品種プログラム名を表示する。

【0310】*実装点数

品種プログラム内の実装点数を表示する。

*** 部品種類**

品種プログラム内の部品種類数を表示する。

⑤ 最適化ボタン

読込んだ品種プログラム情報を最適化し、その最適化結果のシミュレーションを実行して、結果をメイン画面に表示する。ただし、最適化を行う前に、各種リソース及び最適化条件の設定をする必要がある。

⑥ 最適化詳細情報ボタン

最適化詳細情報画面を表示する。

⑦ 終了ボタン

アプリケーションを終了する。

4. 2 開く画面

この画面では、図83に示されるように、最適化装置300は、品種プログラムと各種ライブラリを指定して品種プログラムを開くことができる。

① 品種プログラム一覧

品種プログラム（ファイル名、作成日時、更新日時、容量）の一覧を表示する。

② 品種プログラム検索

品種プログラム（先頭のPを除く）の入力後、検索ボタンを押下することにより品種プログラムの検索を行うことができる。なお、入力された文字に対して前方一致検索を行うので、プログラム名を全て入力する必要はない。

③ ライブラリ選択

登録されている各種ライブラリを表示する。

【0311】* 部品ライブラリ

登録されている部品ライブラリ名を表示する。なお、頭文字は“L”から始まる。

*** 供給ライブラリ**

登録されている供給ライブラリ名を表示する。なお、頭文字は“Y”から始まる。

【0312】* マークライブラリ

登録されているマークライブラリ名を表示する。なお、頭文字は“B”から始まる。

*** ノズルライブラリ**

登録されているノズルライブラリ名を表示する。なお、頭文字は“V”から始まる。

④ 開くボタン

指定した品種プログラムを、選択したライブラリで開く。なお、品種プログラム一覧上でダブルクリックされた場合には、開くボタンと同様の処理を実行する。

⑤ キャンセルボタン

メイン画面に戻る。

4. 3 最適化詳細情報画面

この画面では、図84に示されるように、最適化装置300は、ステージ（1st、2nd）毎に、最適化詳細情報を表示する。

① 品種プログラム情報

現在選択中品種プログラムの情報を表示する。

【0313】* 品種プログラム名

現在選択中の品種プログラム名を表示する。

*** 実装点数**

品種プログラム内の実装点数を表示する。

*** 部品種類**

品種プログラム内の部品種類数を表示する。

② 最適化詳細情報

最適化前／後の情報をステージ（1st、2nd）毎に表示する。

【0314】* 実装時間（秒）

最適化前／後のシミュレーションした結果を表示する。

*** 最適化率（％）**

最適化前／後の実装時間を比率（％）で表示する。

<計算式> （最適化後実装時間／最適化前実装時間）

* 100

*** CPH（点）**

1時間あたりの実装点数を表示する。

【0315】

<計算式> （実装点数／実装時間）* 3600（秒）

*** タスク数**

タスク数を表示する。

*** ノズル交換回数**

ノズル交換を行う回数を表示する。

【0316】* ノズル交換時間

ノズル交換にかかるトータルの時間を表示する。

*** 吸着回数**

吸着を行う回数を表示する。

*** 吸着時間**

吸着にかかるトータルの時間を表示する。

【0317】* スキャン回数

スキャンを行う回数を表示する。

*** スキャン時間**

スキャンにかかるトータルの時間を表示する。

③ 吸着数情報

最適化前／後の1～10点吸着している回数を、ステージ（1st、2nd）毎に表示する。

④ 設備情報

設備の情報をステージ（1st、2nd）毎に表示する。

【0318】* ヘッドタイプ

前／後設備のヘッドタイプを表示する。（10ヘッド）

*** カメラ**

前／後設備のカメラ状態を表示する。（2Dセンサ、2D+3Dセンサ）

*** トレイ**

前／後設備のトレイ状態を表示する。（手置きトレイ、エレベータトレイ）

*** 実装点数**

品種プログラム内の前／後設備の実装点数を表示する。

【0319】* 部品種類

品種プログラム内の前／後設備の部品種類数を表示する。

⑤ 印刷ボタン

最適化詳細情報の印刷を実行する。

⑥ キャンセルボタン

最適化詳細情報画面を終了し、メイン画面に戻る。

4. 4 カセット個数設定画面

この画面では、図85に示されるように、最適化装置300は、ユーザーの指示に従って、カセット個数情報の表示／最大個数の設定を行う。

① カセット個数情報

カセット個数情報を表示する。カセットの隣接条件確認のため、ユーザーは、部品ライブラリの供給コードを設定する。

【0320】*供給コード

カセットの供給コードを表示する。

例)

- 1 文字目 : 種類 (E:エンボス P:紙)
- 2、3文字目 : カセット幅 (08:8mm幅)
- 4、5文字目 : 送りピッチ (04:4mmピッチ)
- 6 文字目 : 駆動方式 (C:シリンダ)
- 7 文字目 : カセットタイプ (W:Wカセット)

*現在個数

現在使用しているカセット個数を表示する。

【0321】*最大個数

本設備で使用可能なカセットの最大個数を表示する。

② 印刷ボタン

カセット個数情報の印刷を実行する。

③ OKボタン

現在表示されている最大個数を保存して、カセット個数設定画面を終了する。

④ キャンセルボタン

カセット個数設定画面を終了し、メイン画面に戻る。ただし、最大個数の保存は行わない。

⑤ 最大個数入力エリア

ユーザーは、最大個数のエリアをダブルクリックすることにより最大個数の入力を行うことができる。

4. 5 部品分割数設定画面

この画面では、図86に示されるように、最適化装置300は、ユーザーの指示に従って、部品分割情報の表示／最大分割数の設定を行う。

① 部品分割数情報

部品分割数情報を表示する。

【0322】*部品名称

品種プログラム内で使用される部品名称を表示する。ユーザーは、部品分割を効率的に行うために、品種プログラムの部品名称を入力することができる。

*実装点数

部品毎の実装点数を表示する。

【0323】*現在分割数

部品毎の現在の分割数を表示する。

*最大分割数

部品毎の最大分割数を表示する。なお、起動時のデフォルトでは、現在分割数を表示する。

② 印刷ボタン

部品分割数情報の印刷を実行する。

③ OKボタン

現在表示されている最大分割数を保存して、部品分割数設定画面を終了する。

④ キャンセルボタン

部品分割数設定画面を終了し、メイン画面に戻る。ただし、最大分割数の保存は行わない。

⑤ 最大分割数入力エリア

ユーザーは、最大分割数のエリアをダブルクリックすることにより最大分割数の入力を行うことができる。なお、最大分割数は、アプリケーションが起動している間のみ有効となる。次回の起動時には、現在分割数が最大分割数のデフォルト表示になる。

【0324】ソート表示

*部品名称又は、実装点数のタイトルがクリックされると、ソート表示する。

4. 6 ノズル本数設定画面

この画面では、図87に示されるように、最適化装置300は、ユーザーの指示に従って、ノズル本数情報の表示／最大本数の設定を行う。

① ノズル本数情報

ノズル本数情報を表示する。

【0325】*ノズル形状コード

ノズルライブラリ内の全ノズル形状コードを表示する。

*ノズルタイプ

ノズルライブラリ番号 (1~99) を表示する。

*現在本数

現在使用されている本数を表示する。

【0326】*最大本数

使用できる最大本数を表示する。

② 印刷ボタン

ノズル本数情報の印刷を実行する。

③ OKボタン

現在表示されている最大本数を保存して、ノズル本数設定画面を終了する。

④ キャンセルボタン

ノズル本数設定画面を終了し、メイン画面に戻る。ただし、最大本数の保存は行わない。

⑤ 最大本数入力エリア

ユーザーは、最大本数のエリアをダブルクリックすることにより最大本数の入力を行うことができる。

4. 7 ノズルステーション選択画面

この画面では、図88に示されるように、最適化装置300は、ユーザーの指示に従って、ノズルステーション選択情報の表示／ノズルステーション選択を行う。

① ノズルプレートID

ステージ (1 s t、2 n d) 毎のノズルプレートIDの有効／無効を設定することができる。グレー表示以外のIDは、複数選択可能である。

【0327】カーソルを移動すると、カーソル上のIDのノズルステーション図の表示に切り替えることができる。なお、チェックボックスが選択されていない場合でも、表示は切り替わる。

② ノズルステーション図

カーソル上のノズルステーション図を表示する。

③ 印刷ボタン

ノズルステーション選択情報の印刷を実行する。

④ OKボタン

選択されているノズルプレートIDを保存して、ノズルステーション選択画面を終了する。

⑤ キャンセルボタン

ノズルステーション選択画面を終了し、メイン画面に戻る。ただし、ノズルプレートIDの保存は行わない。

4. 8 オプション設定画面

この画面では、図89に示されるように、最適化装置300は、ユーザーの指示に従って、設備オプション／最適化レベルの設定を行う。

① 設備設定

設備オプションを設定することができる。

【0328】・XL制御

XL制御を設定することができる。(有効or無効)

・Z軸速度TA

Z軸TAの速度を設定することができる。(通常or低速)

・Z軸速度TB

Z軸TBの速度を設定することができる。(通常or低速)

・後部カセット部品180°回転

後部カセット部品180°回転を設定することができる。(無効or有効)

・後部トレイ部品180°回転

後部トレイ部品180°回転を設定することができる。(無効or有効)

・後部手置きトレイ部品180°回転

後部手置きトレイ部品180°回転を設定することができる。(無効or有効)

・先行シャトル制御

先行シャトル制御を設定することができる。(無効or有効)

・先行吸着制御

先行吸着制御を設定することができる。(無効or有効)

・基板ストッパー位置(前)

前設備の基板ストッパー位置を設定することができる。(左下or左上or右下or右上)

・基板ストッパー位置(後)

後設備の基板ストッパー位置を設定することができる。

(左下or左上or右下or右上)

・手置きトレイ(前)

前設備の手置きトレイを設定することができる。(無効or有効)

・手置きトレイ(後)

後設備の手置きトレイを設定することができる。(無効or有効)

② 前後振り分け禁止

この項目をチェックすることにより、前後振り分けを禁止することができる。

【0329】・Front

前設備のみ最適化を行なう。

・Rear

後設備のみ最適化を行なう。

・Both

前後設備で最適化を行なう。なお、前後振り分けを禁止すると、Z軸情報画面でF/R固定の設定が行えるようになる。

③ 最適化レベル設定

最適化の実行レベルを1～5(簡易～詳細)の範囲で設定することができる(デフォルトレベルは4)。

④ 回収コンベア設定

1 s t、2 n dステージの回収コンベアの設定を行うことができる。

【0330】

設定しない : 無

回収コンベア(小)を使用する : 小

回収コンベア(大)を使用する : 大

⑤ OKボタン

現在設定されているオプション(設備オプション、最適化レベル、前後振り分け禁止、回収コンベア)を保存し、オプション設定画面を終了する。

⑥ キャンセルボタン

オプション設定画面を終了し、メイン画面に戻る。ただし、設備オプション、最適化レベル、前後振り分け禁止、回収コンベアについては保存しない。

⑦ アルゴリズム設定

最適化のアルゴリズムを設定することができる。(1 or 2)

・アルゴリズム1

小部品のアルゴリズムで最適化する。

【0331】・アルゴリズム2

小部品を汎用部品のアルゴリズムで最適化する。

⑧ 設備情報

設備情報を表示する。

・設備方向

設備方向を表示する。(正流れor逆流れ)

・搬送基準

搬送基準を表示する。(手前or奥)

・搬送速度

搬送速度を表示する。

4. 9 Z軸情報画面

この画面では、図90に示されるように、最適化装置300は、ユーザーの指示に従って、Z軸に設定されている部品の情報を表示する。

① Z軸情報

Z軸情報を表示する。

【0332】*部品名称

ZNo上に設定されている部品名称を表示する。

*部品点数

ZNo上に設定されている部品点数（実装点）を表示する。

*形状コード

ZNo上に設定されている部品形状コードを表示する。

【0333】*ノズル

ZNo上に設定されている部品の使用ノズル番号（ノズル本数設定画面のノズルタイプと同一）を表示する。

*カメラ

ZNo上に設定されている部品の認識カメラ（2DS、2DL、3DS、3DL）を表示する。

【0334】*スピード

ZNo上に設定されている部品のヘッド速度XY（1～8）を表示する。

*供給コード

ZNo上に設定されている部品の供給コードを表示する。

*W指定

部品名称毎にS（シングル）かW（ダブル）の指定をする必要がある。

【0335】*シャトル不可

ZNo上に設定されている部品がトレイ部品でシャトル供給が可能である場合に、不可（行わない）を設定できる。なお、トレイ部品であってもシャトル供給できない部品には、チェックボックスは表示されない。

*F/R固定

ZNo上に設定されている部品が最適化によって、サブ設備間を移動しないように設定を行う。なお、オプション設定画面の前後振り分け禁止がチェックされている場合のみ、使用可能になる。ZNo以降にデータが表示されない場合は、そのZ軸に部品が設定されていないことを表す。

② 最適化前／後切替

Z軸情報を最適化前／後で切り替える。ただし、最適化を実施しない場合、最適化後の表示はできない。

③ 印刷ボタン

Z軸情報の印刷を実行する。

④ OKボタン

Z軸情報（W指定、シャトル不可）を保存し、Z軸情報画面を終了する。ただし、最適化後のZ軸情報は編集で

きない。OKボタンがグレー表示になっている。

⑤ キャンセルボタン

Z軸情報画面を終了し、メイン画面に戻る。ただし、Z軸情報は保存されない。

4. 10 ノズルステーション情報画面

この画面では、図91に示されるように、最適化装置300は、ユーザーの指示に従って、本設備のノズルステーション情報を表示する。

① ノズルプレートID

ステージ（1st、2nd）毎のノズルプレートIDを表示する。

② ノズルステーション情報

ノズルステーション情報を表示する。

【0336】*No

ステーションNoを表示する。

*ノズル形状コード

ノズルステーション上のノズル形状コードを表示する。

③ 最適化前／後切替

ノズルステーション情報を最適化前／後で切り替える。ただし、最適化を実施しない場合、最適化後の表示はできない。

④ 印刷ボタン

ノズルステーション情報の印刷を実行する。

⑤ キャンセルボタン

ノズルステーション情報画面を終了し、メイン画面に戻る。

5. 用語の説明

本実施の形態で用いられている主な用語の意味を以下に列挙する。

*部品実装システム：最適化装置と部品実装機とを含むシステムのこと。

*最適化装置：部品の実装順序を最適化する装置のこと。具体的には、短いタクト（実装時間）で基板を生産するために、部品実装機における最適な部品カセットの配列（どの部品種を収めた部品カセットを部品実装機のどの位置（Z軸）に配置するか）、作業ヘッドによる部品の吸着及び装着の順序（どの部品カセットから部品を吸着し、基板上のどの実装点に装着するか）等を決定する。

*部品実装機：最適化後のNCデータに従って、作業ヘッドを用いて部品カセットから部品を吸着し、基板に装着していく生産ロボットのこと。複数のサブ設備を備えるタイプもある。

*サブ設備：1つの作業ヘッドと複数の部品カセットを備え、他のサブ設備とは独立して（並行して）、基板への部品実装を実行する装置（実装ユニット）。

*シングルカセット：部品カセットの一種で、1つの部品種（テーピング部品等）だけが装填される。

*ダブルカセット：部品カセットの一種で、最大2個の部品種（テーピング部品等）が装填され得る。ただし、

同一送りピッチの部品種に限定される。

* Z軸：部品実装機（サブ設備を備える場合には、サブ設備）ごとに装着される部品カセットの配列位置を特定する座標軸（又は、その座標値）のこと。

* 部品種：抵抗、コンデンサ等の電子部品の種類のこと。各部品種には、部品の情報（電気的特性、形状、員数、最大分割数、カセット種別等）が対応づけられている。

* 部品テープ：ある部品種の複数個の部品をテープ上に並べたもの（最適化の過程における論理的な部品用キャリアテープ。最適化によって、1つの部品種が1本以上の部品テープに分割（部品分割）される。分割後のテープ本数が分割数と呼ばれる。

* 実装点：部品を装着すべき基板上の座標点のこと。同一の部品種が異なる実装点に装着される場合もある。同一の部品種に係る部品テープに並べられた部品（実装点）の個数の合計は、その部品種の員数（実装すべき部品の総数）と一致する。

* 部品ヒストグラム：部品テープごと（横軸）の員数（縦軸）を示す柱状グラフのこと。最適化によって、最終的に、部品カセットの配列（Z軸）にマッピングされる。

* コア：員数の多い順に部品テープを並べた部品ヒストグラムに対して、「刈り上げ法」により、n点同時吸着の吸着パターンで刈り上げていった結果、残った部品を「コア部品」といい、それらコア部品を収めた部品テープ、部品カセットそれぞれを「コア部品テープ」、「コアカセット」と呼ぶ。

* 刈り上げ：員数の多い順に部品テープを並べた部品ヒストグラムに対して、員数の小さい部品から、n点同時吸着の吸着パターンを取り除いていく処理のこと。

* 同時吸着：1つのタスクにおいて作業ヘッドが吸着すべき全ての部品を吸着する動作のこと。作業ヘッドによる1回の上下動だけで複数の部品を吸着する場合だけでなく、2回以上の上下動によって複数の部品を吸着する場合も含まれる。

* タスク：作業ヘッドによる部品の吸着・移動・基板上への装着という一連の実装動作の繰り返しにおける1回分の実装動作（吸着・移動・装着）のこと。

* 吸着パターン：タスクごとの吸着の対象となっている部品群のこと。

* タスクグループ：部品の同時吸着という観点から関連したタスクの集まりのこと。員数が同じ部品テープをn本集め、それらn本の部品テープから1点ずつn個の部品を同時に吸着できるように、n点同時吸着できるタスクを集めることを目指してタスクグループを作ることによって部品カセットの並びを決定する第1ステップでの最適化手法を「タスクグループ法」と呼ぶ。

* 第1ステップ：本願発明が考案される直前における技術（背景技術）又はその技術を考案した開発段階のこ

と。本願発明者らによる先の特許出願（特願2000-237681号）の明細書等に開示されている。

* 第2ステップ：本願発明に係る技術又はその技術を考案した開発段階のこと。

* 山：最適化によって生成されたひとまとまりのタスク群又はそれらタスク群に属する部品テープ群（部品の集合）のこと。生成された「山」に対して更に最適化が施される場合もある。

* ラインバランス：部品実装機（サブ設備を備える場合には、サブ設備）ごとのタクトの分布における平準化の程度のこと。タクト分布を平準化するように部品実装順序を決定する処理を「ラインバランス処理」と呼ぶ。

【0337】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明に係る部品実装順序最適化方法は、部品を収納した部品カセットの並びから、最大n個の部品を同時に吸着し、基板に実装していく作業ヘッドを備える部品実装機を対象とし、コンピュータにより部品の実装順序を最適化する方法において、特定の部品カセットが特定の位置に配置されなければならないという制約を遵守しつつ部品カセットの配列を最適化する方法であって、最適化の対象となる全ての部品に対して、前記制約を考慮することなく、作業ヘッドがn個の部品を同時に吸着する回数が多くなるように、同一種類の部品の集まりである部品種の配列を第1座標軸上で決定する仮最適化ステップと、前記制約に従って、前記第1座標軸上に配列された部品種から、前記制約に係る部品種を取り出し、第2座標軸上に配置する第1移動ステップと、前記第1座標軸上に残された部品種を、その並びを維持したまま、前記第2座標軸上の既に配置された部品種の隙間に配置していく第2移動ステップと、前記第2座標軸を横軸とし、部品種に含まれる部品の員数を縦軸とする部品ヒストグラムであって、前記第2移動ステップ後における部品種の並びからなる部品ヒストグラムに対して、部品の員数が少ない部品種が先に無くなっていく順に、横軸方向に連続して並ぶn個の部品である吸着パターンを、取り出すことができなくなるまで繰り返して取り出し、部品カセットの並びにおける対応する部品カセットに割り当てる刈り上げステップと、前記刈り上げステップによる取り出し後における前記部品ヒストグラムを、横軸上の幅がn個の部品となるようなダイヤグラムの生成を目指して、対応する部品カセットに割り当てるコア処理ステップとを含むことを特徴とする。

【0338】これによって、部品ヒストグラムから、横軸方向に連続して並ぶn個の部品が吸着パターンとして刈り上げていく手法によって部品カセットの配列が決定されるとともに、特定の部品カセットについては指定された位置に配置されることが保証されるので、配列固定という制約を遵守しつつ、複数の部品を同時吸着して基板に装着していく作業ヘッドを備える部品実装機に好適

な部品実装順序最適化方法が実現される。

【0339】また、本発明に係る部品実装順序最適化方法は、部品を収納した部品カセットの並びから、最大 n 個の部品を同時に吸着し、基板に実装していく n 個の吸着ノズルからなる作業ヘッドを備える部品実装機を対象とし、コンピュータにより部品の実装順序を最適化する方法において、基板上の特定の領域については前記 n 個の吸着ノズルのうちの m 個の吸着ノズルだけが部品を装着できるという制約を遵守しつつ部品カセットの配列を最適化する方法であって、最適化の対象となる全ての部品のうち、前記制約を受ける部品と受けない部品それぞれを対象とし、同一種類の部品の集まりを部品種とする部品種の単位で、部品の員数の多い順に並べた2つの部品ヒストグラムを生成する部品ヒストグラム生成ステップと、前記2つの部品ヒストグラムそれぞれに対して、部品の員数が少ない部品種が先に無くなっていく順に、横軸方向に連続して並ぶ n 個の部品である吸着パターンを、取り出すことができなくなるまで繰り返して取り出し、それぞれ、第1及び第2座標軸の対応する位置に配置する刈り上げステップと、前記刈り上げステップによる取り出し後における前記2つの部品ヒストグラムそれぞれに対して、横軸上の幅が n 個の部品となるようなダイヤグラムの生成を目指して、それぞれ、部品種を前記第1及び第2座標軸の対応する位置に配置するコア処理ステップと、前記コア処理ステップ後における前記第1及び第2座標軸に配置された部品ヒストグラムを合成し、得られた部品ヒストグラムに基づいて部品カセットの配列を決定する合成ステップとを含むことを特徴とする。

【0340】これによって、LLサイズ基板に基づく制約を受ける部品とそうでない部品とを区別して別個に最適な配列を決定した後に、それらを合成しているので、この制約によって配列が乱される部品種の数是最小限に抑えられる。を含むことを特徴とする部品実装順序最適化方法。また、本発明に係る部品実装順序最適化方法は、部品を収納した部品カセットの並びから、部品を吸着し、基板に実装していく作業ヘッドを有する2つの独立した第1及び第2設備を備える部品実装機を対象とし、コンピュータにより部品の実装順序を最適化する方法において、基板上の特定の領域については前記第1及び第2設備のいずれかだけが部品を装着できるという制約を遵守しつつ部品カセットを前記第1及び第2設備のいずれかに振り分ける方法であって、最適化の対象となる全ての部品のうち、同一種類の部品の集まりを部品種として場合に、前記第1設備だけが装着できる部品を含む部品種を特定し、その部品種を前記第1設備に割り当てる第1割り当てステップと、最適化の対象となる全ての部品のうち、前記第2設備だけが装着できる部品を含む部品種を特定し、その部品種を前記第2設備に割り当てる第2割り当てステップと、最適化の対象となる全て

の部品のうち、前記第1及び第2割り当てステップでの割り当ての対象とはならなかった部品を前記第1及び第2設備のいずれかに割り当てる分割ステップとを含むことを特徴とする。

【0341】これによって、特定の設備だけによって装着される部品種を除いた部品種だけに対して、2つの設備のいずれかへの振り分けが行われるので、XLサイズ基板に対して確実に適用できる部品実装順序最適化方法である。また、本発明に係る部品実装順序最適化方法は、部品を収納した部品カセットの並びから、最大 n 個の部品を同時に吸着し、基板に実装していく作業ヘッドを有する2つの独立した第1及び第2設備を備える部品実装機を対象とし、コンピュータにより部品の実装順序を最適化する方法において、前記第1及び第2設備による部品実装における処理負荷が平準化されるように部品カセットを前記第1及び第2設備のいずれかに振り分ける方法であって、最適化の対象となる全ての部品を一定規則に従って前記第1及び第2設備のいずれかに振り分けた後に、振り分けられた部品それぞれを対象として、作業ヘッドが n 個の部品を同時に吸着する回数が多くなるように、関連する複数の部品種を山とする複数の山を特定する初期振り分けステップと、割り当てられた全ての部品を実装するための処理の大きさを示す負荷レベルが前記第1設備と前記第2設備とでほぼ等しくなるように、部品種又は山の単位で、前記第1及び第2設備間を移動させる移動ステップとを含むことを特徴とする。

【0342】これによって、作業ヘッドが n 個の部品を同時に吸着する回数が多くなるように配列された部品種の山又は部品種の単位で、負荷バランスが平準化されるように2つの設備のいずれかに振り分けられるので、複数の部品を同時吸着して基板に装着していく作業ヘッドを備える部品実装機に好適な負荷バランスの調整方法である。

【0343】また、本発明に係る部品実装順序最適化方法は、部品を収納した部品カセットの並びから、最大 n 個の部品を同時に吸着し、基板に実装していく作業ヘッドを有する2つの独立した第1及び第2設備を備える部品実装機を対象とし、コンピュータにより部品の実装順序を最適化する方法において、前記第1及び第2設備による部品実装における処理負荷が平準化されるように部品カセットを前記第1及び第2設備のいずれかに振り分ける方法であって、最適化の対象となる全ての部品を一定規則に従って前記第1及び第2設備のいずれかに振り分けた後に、振り分けられた部品それぞれを対象として、作業ヘッドが n 個の部品を同時に吸着する回数が多くなるように、関連する複数の部品種を山とする複数の山を特定する初期振り分けステップと、割り当てられた全ての部品を実装するのに要する実装時間が前記第1設備と前記第2設備とでほぼ等しくなるように、部品、部品種又は山の単位で、前記第1及び第2設備間を移動さ

せる移動ステップとを含むことを特徴とする。

【0344】これによって、作業ヘッドが n 個の部品を同時に吸着する回数が増えるように配列された部品種の山、部品種又は部品の単位で、ラインバランスが平準化されるように2つの設備のいずれかに振り分けられるので、複数の部品を同時吸着して基板に装着していく作業ヘッドを備える部品実装機に好適なラインバランスの調整方法である。

【0345】また、本発明に係る部品実装順序最適化方法は、部品を収納した部品カセットの並びから、最大 n 個の部品を同時に吸着し、基板に実装していく作業ヘッドを備える部品実装機を対象とし、コンピュータにより部品の実装順序を最適化する方法であって、部品カセットの配列を最適化する方法であって、最適化の対象となる全ての部品を、同一種類の部品の集まりを1つの部品種とする部品種の単位で、部品の員数の多い順に並べることにより、部品ヒストグラムを生成するヒストグラム生成ステップと、生成された部品ヒストグラムに対して、部品の員数が少ない部品種が先に無くなっていく順に、横軸方向に連続して並ぶ n 個の部品である吸着パターンを、取り出すことができなくなるまで繰り返して取り出す刈り上げステップと、前記刈り上げステップによる取り出し後における前記部品ヒストグラムの部品を移動させることにより、当該部品ヒストグラムを、当該部品ヒストグラムの最下段を底辺とし、当該部品ヒストグラムに含まれる全ての部品を含み得る高さの平行四辺形又は長方形に変形するコア処理ステップと、前記刈り上げステップで取り出された全ての部品と前記コア処理での移動後における全ての部品とを、横軸における位置を対応させて合成し、得られた部品ヒストグラムに基づいて部品カセットの配列を決定する合成ステップとを含むことを特徴とする。

【0346】これによって、刈り上げで残ったコア部品に対しては、一定幅の四角形（平行四辺形、長方形）を形成するように部品の配置が決定されるので、同時吸着率の高い効率的な部品実装順序が決定される。また、本発明に係る部品実装順序最適化方法は、2種類の部品を収納し得る部品カセット（ダブルカセット）を含む部品カセットの並びから、最大 n 個の部品を同時に吸着し、基板に実装していく作業ヘッドを備える部品実装機を対象とし、コンピュータにより部品の実装順序を最適化する方法において、ダブルカセットに収納される2種類の部品は同一の送りピッチで使用されるテーピング部品でなければならないという制約を遵守しつつ部品カセットの配列を最適化する方法であって、第1の送りピッチで使用される全ての部品に対して、作業ヘッドが n 個の部品を同時に吸着する回数が増えるように、同一種類の部品の集まりである部品種の配列を決定する第1最適化ステップと、決定された前記配列を中間位置で切断して折り返すことにより、切断によって得られた前半部と後

半部の部品種が交互に並ぶように合成する第1折り返しステップと、第2の送りピッチで使用される全ての部品に対して、作業ヘッドが n 個の部品を同時に吸着する回数が増えるように、部品種の配列を決定する第2最適化ステップと、決定された前記配列を中間位置で切断して折り返すことにより、切断によって得られた前半部と後半部の部品種が交互に並ぶように合成する第2折り返しステップと、前記第1折り返しステップで得られた部品種の配列と前記第2折り返しステップで得られた部品種の配列とを融合し、得られた配列に基づいて部品カセットの配列を決定する融合ステップとを含むことを特徴とする。

【0347】これによって、同一の送りピッチに係る2つの部品からなるペアが維持された状態で、かつ、作業ヘッドが n 個の部品を同時に吸着する回数が増えるように部品種の配列が決定されるので、様々なダブルカセットが混在する部品実装機に対しても適用することができる最適化方法が実現される。このように、本発明は、様々な制約下において、複数の部品を吸着して実装する高速な部品実装装置に好適な部品実装順序の最適化方法であり、特に、近年の表面実装基板に対する急激な需要増大に応える技術として、その実用的価値は極めて高い。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る部品実装システム全体の構成を示す外観図である。

【図2】同部品実装システムにおける部品実装機の主要な構成を示す平面図である。

【図3】同部品実装機の作業ヘッドと部品カセットの位置関係を示す模式図である。

【図4】(a)は、同部品実装機が備える2つの実装ユニットそれぞれが有する合計4つの部品供給部の構成例を示し、(b)は、その構成における各種部品カセットの搭載本数及びZ軸上の位置を示す表である。

【図5】110ノズルヘッドが吸着可能な部品供給部の位置（Z軸）の例を示す図及び表である。

【図6】実装の対象となる各種チップ形電子部品の例を示す図である。

【図7】部品を収めたキャリアテープ及びその供給用リールの例を示す図である。

【図8】テーピング電子部品が装着された部品カセットの例を示す図である。

【図9】最適化装置のハードウェア構成を示すブロック図である。

【図10】図9に示された実装点データの内容例を示す図である。

【図11】図9に示された部品ライブラリの内容例を示す図である。

【図12】図9に示された実装装置情報の内容例を示す図である。

【図13】図9に示された最適化プログラムの機能構成を示すモジュール構成図である。

【図14】図9に示されたステップ305cの処理を説明するための図である。

【図15】図9に示されたステップ305dの処理を説明するための図である。

【図16】「タスクグループ法」による最適化の概念を説明するための部品ヒストグラムである。

【図17】「交差解消法」による最適化の概念を説明するための実装経路図である。

【図18】「戻り最適化」の概念を説明するための作業ヘッドの動きを示す図である。

【図19】配列固定の制約下における最適化の概要を示す部品ヒストグラムである。

【図20】LLサイズ基板及びXLサイズ基板において作業ヘッドが部品を装着する際に移動できる範囲の限界に基づく制約領域を示す図である。

【図21】LLサイズ基板を対象とした最適化の概念を説明するための部品ヒストグラムである。

【図22】「刈り上げ法」による最適化のステップ(1)を説明するための部品ヒストグラムである。

【図23】同ステップ(2)を説明するための部品ヒストグラムである。

【図24】同ステップ(3)を説明するための部品ヒストグラムである。

【図25】同ステップ(4)を説明するための部品ヒストグラムである。

【図26】同ステップ(5)を説明するための部品ヒストグラムである。

【図27】同ステップ(6)を説明するための部品ヒストグラムである。

【図28】同ステップ(7)を説明するための部品ヒストグラムである。

【図29】同ステップ(8)を説明するための部品ヒストグラムである。

【図30】同ステップ(9)を説明するための部品ヒストグラムである。

【図31】同ステップ(10)を説明するための部品ヒストグラムである。

【図32】同ステップ(11)を説明するための部品ヒストグラムである。

【図33】同ステップ(12)を説明するための部品ヒストグラムである。

【図34】同ステップ(13)を説明するための部品ヒストグラムである。

【図35】同ステップ(14)を説明するための部品ヒストグラムである。

【図36】同ステップ(15)を説明するための部品ヒストグラムである。

【図37】同ステップ(16)を説明するための部品ヒスト

グラムである。

【図38】同ステップ(17)を説明するための部品ヒストグラムである。

【図39】同ステップ(18)を説明するための部品ヒストグラムである。

【図40】同ステップ(19)を説明するための部品ヒストグラムである。

【図41】同ステップ(20)を説明するための部品ヒストグラムである。

【図42】同ステップ(21)を説明するための部品ヒストグラムである。

【図43】同ステップ(22)を説明するための部品ヒストグラムである。

【図44】同ステップ(23)を説明するための部品ヒストグラムである。

【図45】平行四辺形のテンプレートを用いたカセット分割による最適化のステップ(1)～(3)を説明するための部品ヒストグラムである。

【図46】同ステップ(4)～(6)を説明するための部品ヒストグラムである。

【図47】同ステップ(7)～(8)を説明するための部品ヒストグラムである。

【図48】同ステップ(9)の一部を説明するための部品ヒストグラムである。

【図49】同ステップ(9)の残るステップ(10)を説明するための部品ヒストグラムである。

【図50】長方形のテンプレートを用いたカセット分割による最適化のステップ(1)～(3)を説明するための部品ヒストグラムである。

【図51】同ステップ(3)～(5)を説明するための部品ヒストグラムである。

【図52】同ステップ(5)の一部を説明するための部品ヒストグラムである。

【図53】同ステップ(5)の残る一部を説明するための部品ヒストグラムである。

【図54】「交差解消法」による最適化の概念を示す実装経路図である。

【図55】「交差解消法」のアルゴリズムを説明するための実装経路図である。

【図56】「交差解消法」による最適化の適用例を示す実装経路図である。

【図57】「戻り最適化法」による最適化の概念を示す作業ヘッドの移動軌跡図である。

【図58】(a)は、同一の部品カセットに複数の実装点がある場合における「戻り」動作を示す図であり、(b)は、「戻り最適化法」を適用した場合のヘッドの戻り軌跡を示すシミュレーション結果図である。

【図59】ダブルカセットを対象とした配列固定の制約下における最適化のステップ(1)を説明するための部品ヒストグラムである。

【図60】同ステップ(2)を説明するための部品ヒストグラムである。

【図61】同ステップ(3)を説明するための部品ヒストグラムである。

【図62】同ステップ(4)を説明するための部品ヒストグラムである。

【図63】同ステップ(5)を説明するための部品ヒストグラムである。

【図64】同ステップ(6)を説明するための部品ヒストグラムである。

【図65】同ステップ(7)を説明するための部品ヒストグラムである。

【図66】同ステップ(8)を説明するための部品ヒストグラムである。

【図67】同ステップ(9)を説明するための部品ヒストグラムである。

【図68】同ステップ(10)を説明するための部品ヒストグラムである。

【図69】(a)及び(b)は、Z軸に空きがある場合における前設備と後設備の実装時間の例、及び、そのときのラインバランス処理を示す説明図であり、(c)及び(d)は、Z軸に空きがない場合における前設備と後設備の実装時間の例、及び、そのときのラインバランス処理(スワップ処理)を示す説明図である。

【図70】ダブルカセットを対象とした「刈り上げ法」による最適化のステップ(1)を説明するための部品ヒストグラムである。

【図71】同ステップ(2)を説明するための部品ヒストグラムである。

【図72】同ステップ(3)を説明するための部品ヒストグラムである。

【図73】同ステップ(4)を説明するための部品ヒストグラムである。

【図74】同ステップ(5)を説明するための部品ヒストグラムである。

【図75】同ステップ(6)を説明するための部品ヒストグラムである。

【図76】同ステップ(7)を説明するための部品ヒストグラムである。

【図77】同ステップ(8)を説明するための部品ヒストグラムである。

【図78】同ステップ(9)を説明するための部品ヒストグラムである。

【図79】同ステップ(10)を説明するための部品ヒストグラムである。

【図80】同ステップ(11)を説明するための部品ヒストグラムである。

【図81】ノズル交換のアルゴリズムを説明するための図であり、(a)は、対象の部品の種類(使用可能なノ

ズルの番号)と員数を示す表であり、(b)は、処理過程を示す部品ヒストグラムである。

【図82】「メイン画面」の表示例を示す図である。

【図83】「」の表示例を示す図である。

【図84】「開く画面」の表示例を示す図である。

【図85】「カセット個数設定画面」の表示例を示す図である。

【図86】「部品分割設定画面」の表示例を示す図である。

【図87】「ノズル本数設定画面」の表示例を示す図である。

【図88】「ノズルステーション選択画面」の表示例を示す図である。

【図89】「オプション設定画面」の表示例を示す図である。

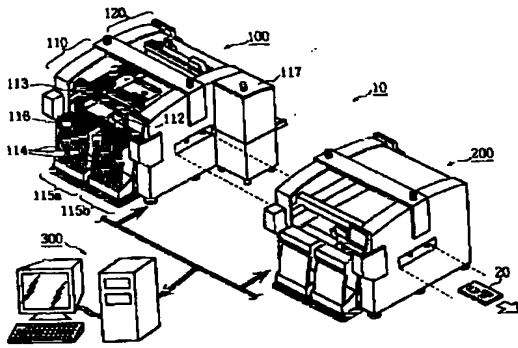
【図90】「Z軸情報画面」の表示例を示す図である。

【図91】「ノズルステーション情報画面」の表示例を示す図である。

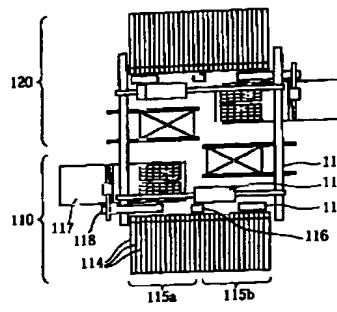
【符号の説明】

10	部品実装システム
20	回路基板
100	部品実装機
110	実装ユニット
112	作業ヘッド
112a~112b	吸着ノズル
113	XYロボット
114	部品カセット
115a、b、225a、b	部品供給部
116	認識カメラ
117	トレイ供給部
118	シャトルコンベア
119	ノズルステーション
120	実装ユニット
300	最適化装置
301	演算制御部
302	表示部
303	入力部
304	メモリ部
305	最適化プログラム格納部
306	通信I/F部
307	データベース部
307a	実装点データ
307b	部品ライブラリ
307c	実装装置情報
423a~423d	チップ形電子部品
424	キャリアテープ
425	カバーテープ
426	供給用リール

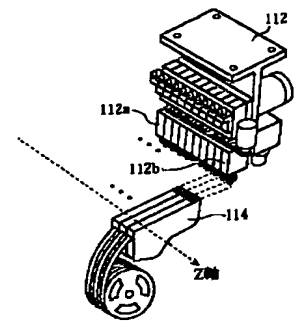
【図1】



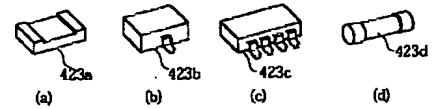
【図2】



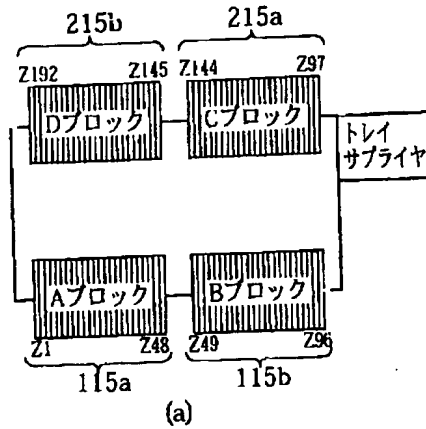
【図3】



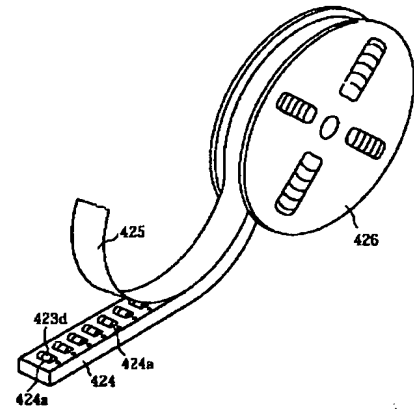
【図6】



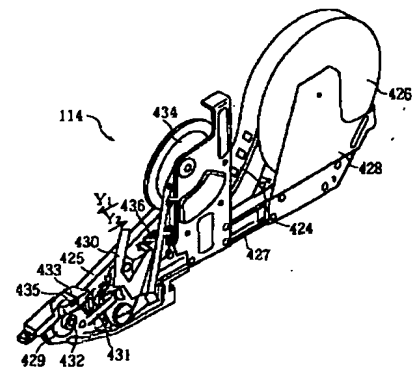
【図4】







【図7】



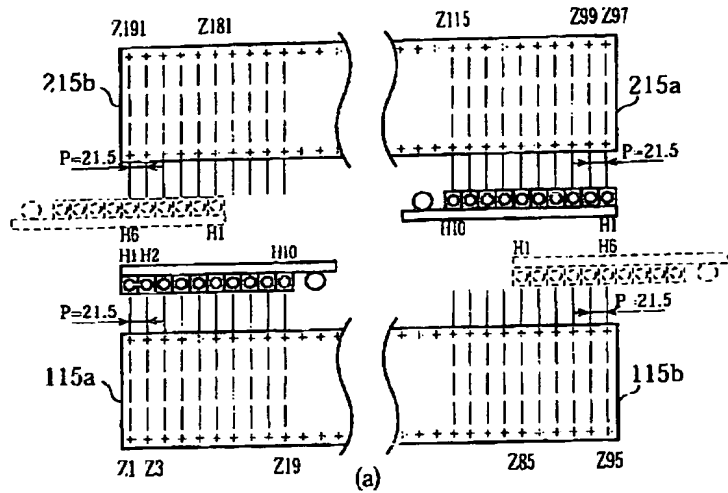
【図8】











		A				B				C				D								
		Z1	Z48			Z49	Z96			Z97	Z144			Z145	Z192							
																						
パーツ カセット	テープ幅	Z1	Z32	Z48	本数	Z49	Z51	Z93	Z95	本数	Z97	Z99	Z141	Z143	本数	Z145	Z147	Z189	Z191	本数	トータル	占有 連数
	8(ダブル)	○	○	○	48	○	○	○	○	48	○	○	○	○	48	○	○	○	○	48	192	1
	8(シングル)	○	○	○	24	○	○	○	○	24	○	○	○	○	24	○	○	○	○	24	96	1
	12	○	○	○	24	○	○	○	○	24	○	○	○	○	24	○	○	○	○	24	96	1
	16	○	○	○	12	○	○	○	○	12	○	○	○	○	12	○	○	○	○	12	48	2
	24	○	○	○	12	○	○	○	○	12	○	○	○	○	12	○	○	○	○	12	48	2
	32	○	○	○	12	○	○	○	○	12	○	○	○	○	12	○	○	○	○	12	48	2
	44	-	○	-	8	-	○	-	8	-	8	-	○	-	8	-	○	○	-	8	32	3
	56	-	○	-	6	-	○	-	6	-	6	-	○	-	6	-	○	○	-	6	24	4
72	-	○	-	6	-	○	-	6	-	6	-	○	-	6	-	○	○	-	6	24	4	

(b)

【図 1 1】



部品名	(部品 外観)	部品サイズ[mm]			2次元 図面方式	磁導 ノズル	タクト (秒)	温度 XY
		X	Y	L				
0603CR		0.5	0.3	0.25		SK		
1005CR		1.0	0.5	0.3-0.5		SA	0.086	
1908CR		1.6	0.8	0.4-0.8			0.094	
2012CR		2.0	1.25	0.4-0.8		S		
3216CR		3.2	1.6	0.4-0.8				1
4TR		2.8	2.8	1.1				
5TR		4.3	4.5	1.5		円筒 チップ		
7TP		2.0	6.1	0.9			0.11	
7TP		3.5	6.1	1.4				
1CAP		3.8	1.9	1.8		S		
2CAP		4.7	2.6	2.1				
3CAP		6.0	3.2	2.5				
4CAP		7.3	4.3	2.8				
SCAP		4.3	4.3	6.0	反射	M		
LCAP		6.6	6.6	6.0				
LLCAP		10.3	10.3	10.5		M/L		
1VOL		4.5	3.8	1.5-2.4				
2VOL		3.7	3.0	1.6		M	0.13	2
5VOL		4.8	4.0	3.0				

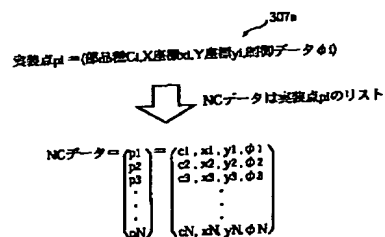
【図16】

10ノズル ヘッド	前側	Z1 Z2	Z3 Z4	Z5 Z6	Z7 Z8	Z9 Z10	Z11 Z12	Z13 Z14	Z15 Z16	Z17 Z18	Z19 ~ Z86	Z87 Z88	Z89 Z90	Z91 Z92	Z93 Z94	Z95 Z96
	後側	Z97 Z98	Z99 Z100	Z101 Z102	Z103 Z104	Z105 Z106	Z107 Z108	Z109 Z110	Z111 Z112	Z113 Z114	Z115 ~ Z182	Z183 Z184	Z185 Z186	Z187 Z188	Z189 Z190	Z191 Z192
ヘッド (ノズル)	H1	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	—	—	—	—	—
	H2	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	—	—	—	—
	H3	—	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	—	—	—
	H4	—	—	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	—	—
	H5	—	—	—	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	—
	H6	—	—	—	—	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	H7	—	—	—	—	—	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	H8	—	—	—	—	—	—	—	○	○	○	○	○	○	○	○
	H9	—	—	—	—	—	—	—	—	○	○	○	○	○	○	○
	H10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○	○	○	○	○	○

○：吸着可能
—：吸着不可

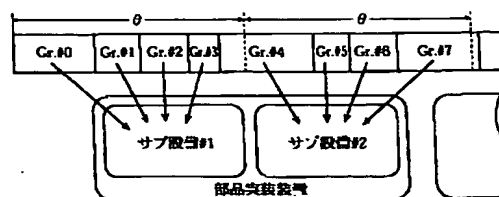
【図10】

【図12】

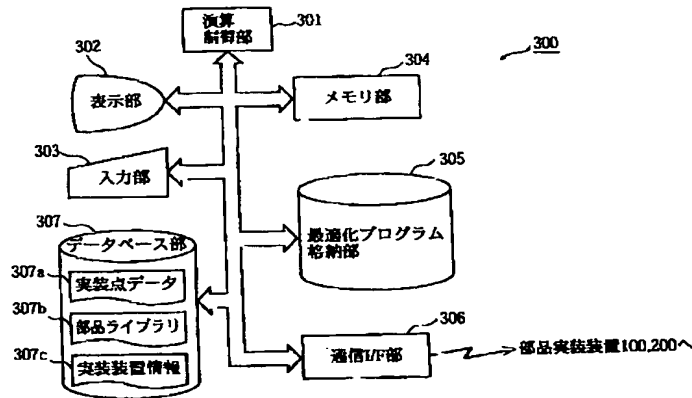


ユニットID	ヘッド仕様	ノズル仕様	カセット仕様	トレイ仕様
110	10ノズルヘッド	SKSAー	65型	8段
120	10ノズルヘッド	なし	65型	なし
210	4ノズルヘッド	S.M....	65型	なし

【图 15】



【図9】



【図14】

部品グループ	部品厚み(Tmm)	ノズル	供給源
G (1)	$0 < T \leq 0.25$	SX	カセット
G (2)	$0.25 < T \leq 0.3$	SX	カセット
G (3)	$0.3 < T \leq 0.35$	SA	カセット
G (4)	$0.35 < T \leq 0.4$	SA	カセット
G (5)	$0.5 < T \leq 4$	S	カセット
G (6)	$0 < T \leq 4$	—	—
G (7)	$0 < T \leq 4$	—	—
G (8)	$4 < T \leq 25$	—	—
G (9)	$4 < T \leq 25$	—	—

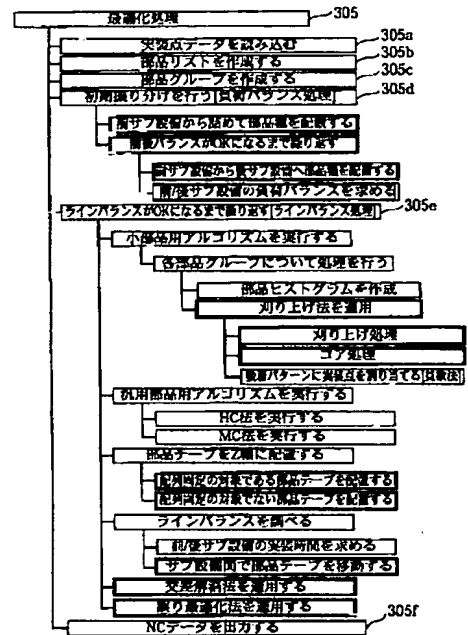
(a)

部品種	k1	k2	k3	MM
員数	b1	b2	b3	hM

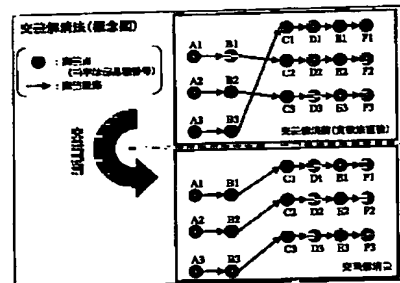
(b)

【図19】

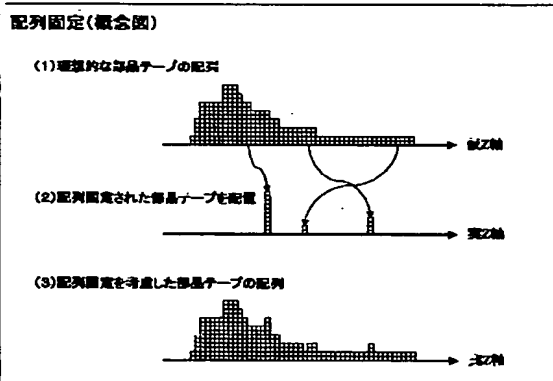
【図13】



【図17】



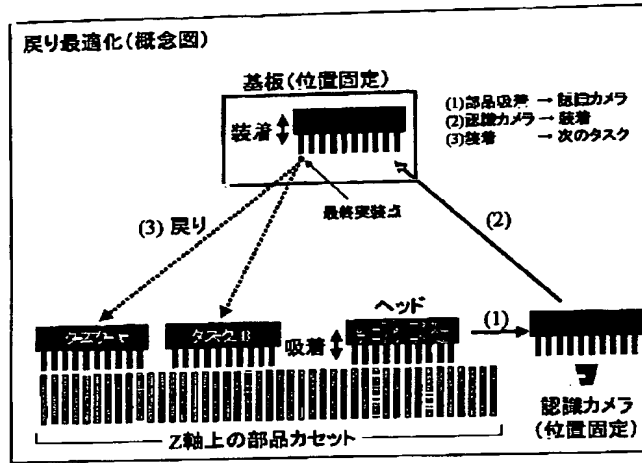
【図20】



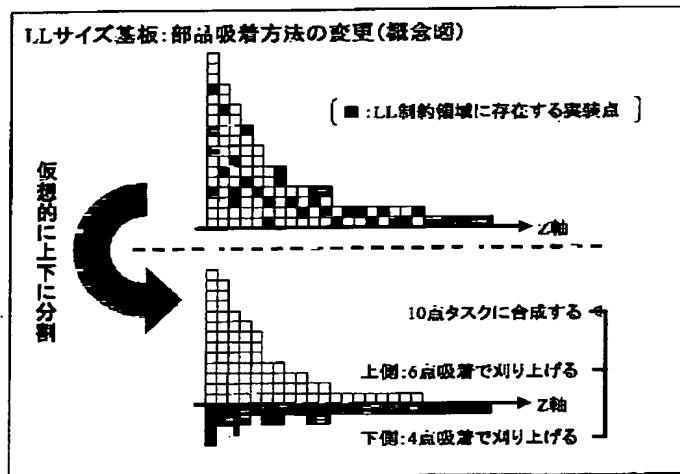
	①部品座 (LL制約)	②部品座 (LL制約)	③部品座 (LL制約)
$380 < y \leq 460$	①部品座 (LL制約)	②部品座 (LL制約)	③部品座 (LL制約)
$80 < y \leq 380$	①部品座 (LL制約)と②部品座 (LL制約)	②部品座 (LL制約)と③部品座 (LL制約)	③部品座 (LL制約)
$0 \leq y \leq 80$	①部品座 (LL制約)	②部品座 (LL制約)	③部品座 (LL制約)
$0 \leq x \leq 110$	①部品座 (LL制約)	②部品座 (LL制約)	③部品座 (LL制約)
$110 < x \leq 400$	①部品座 (LL制約)	②部品座 (LL制約)	③部品座 (LL制約)
$400 < x \leq 510$	①部品座 (LL制約)	②部品座 (LL制約)	③部品座 (LL制約)

太い破線は LL 制約の境界線を表す。
太い点線は XL 制約の境界線を表す。

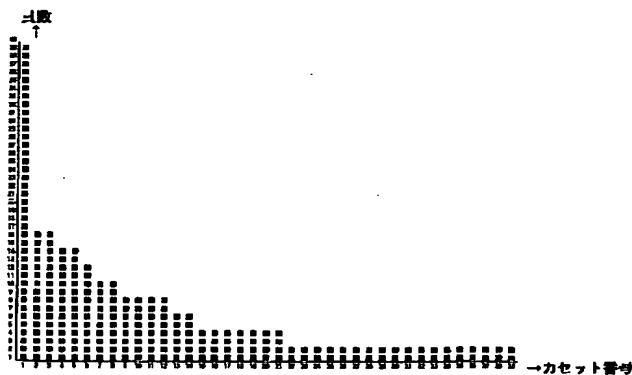
【図18】



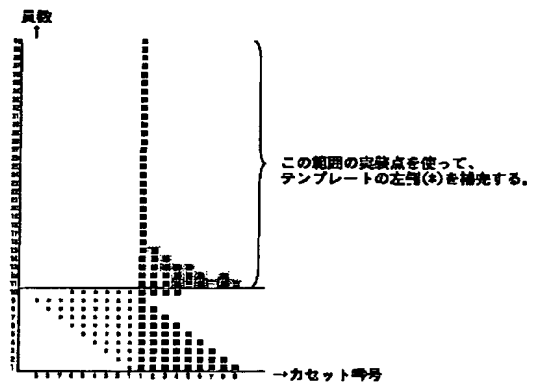
【図21】



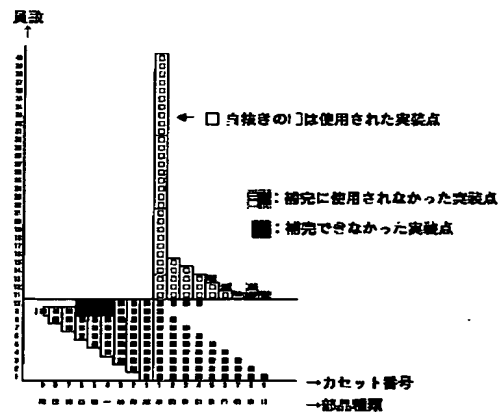
【図22】



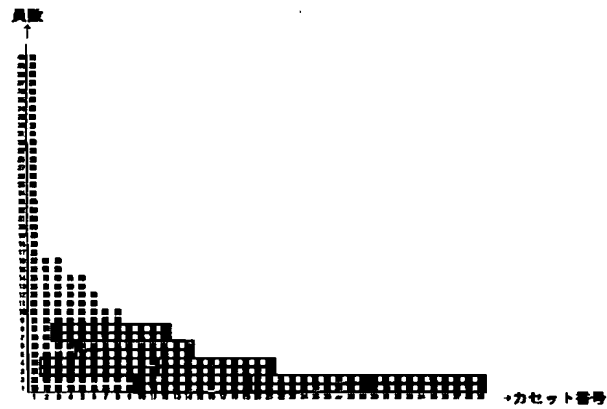
【図26】



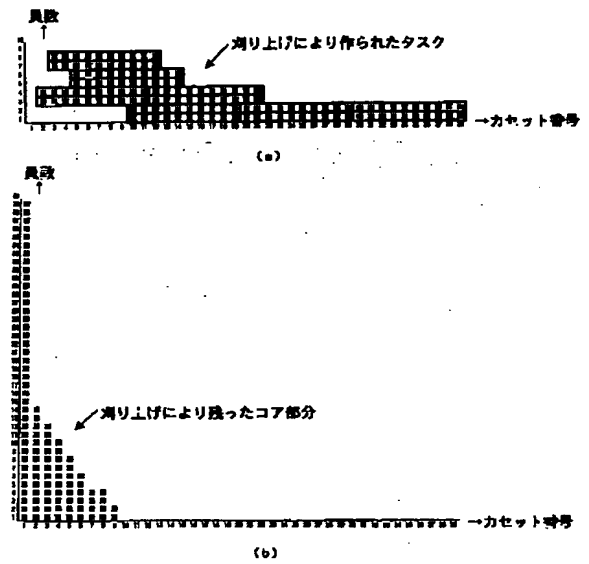
【図27】



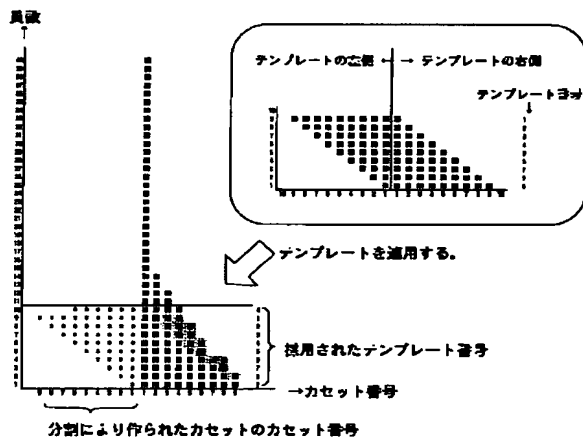
【図23】



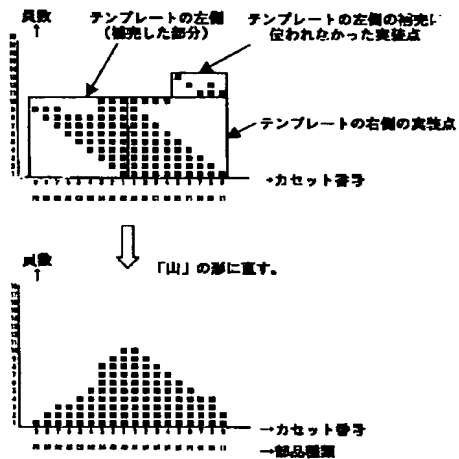
【図24】



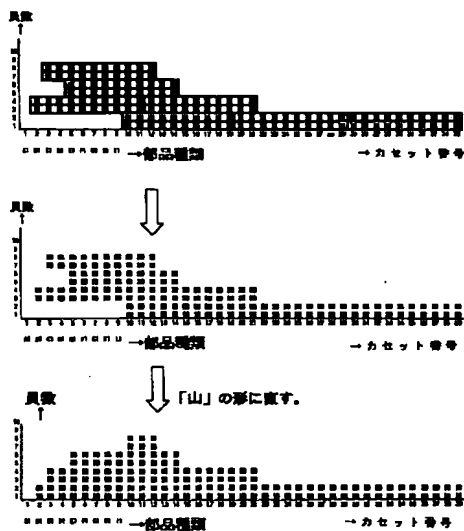
【図25】



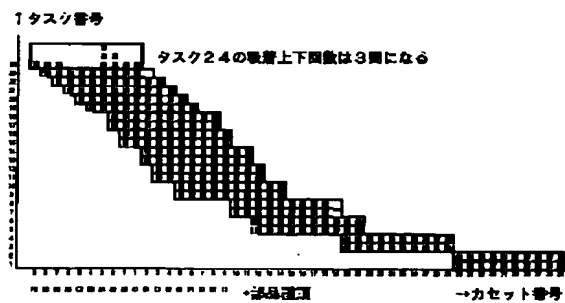
【図28】



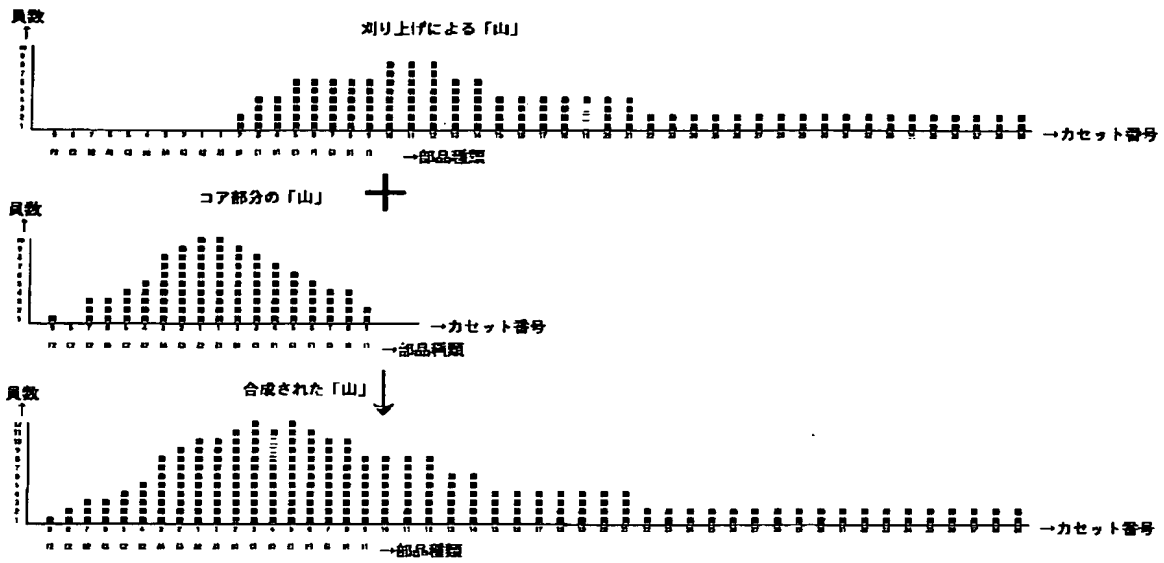
【図29】



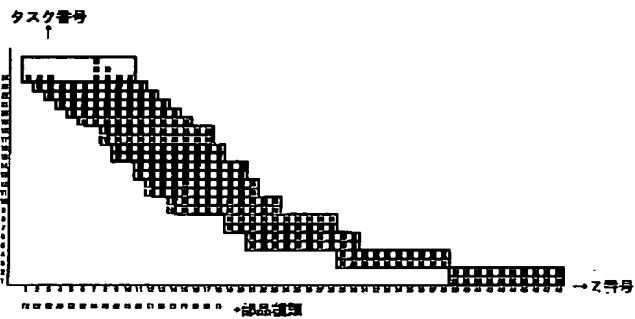
【図31】



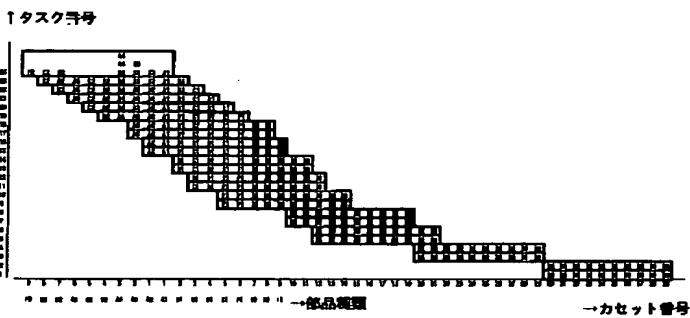
【図30】



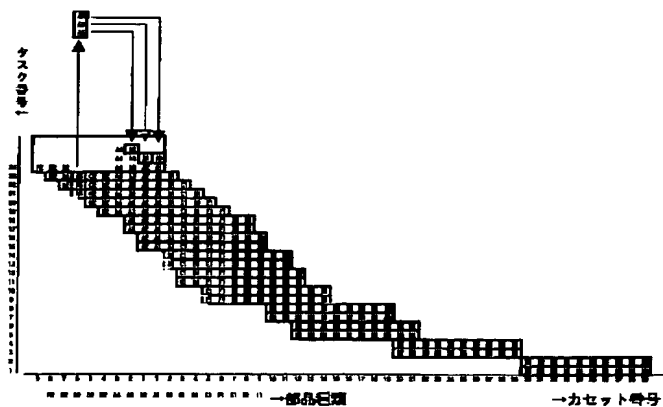
【図32】



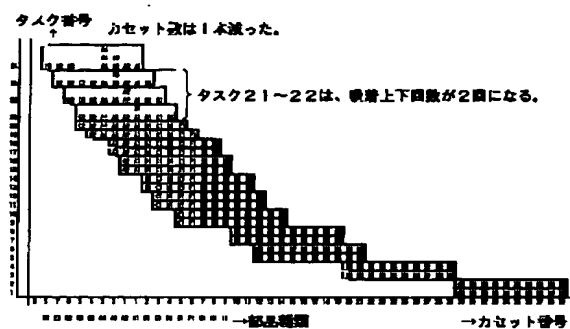
【図33】



【図34】

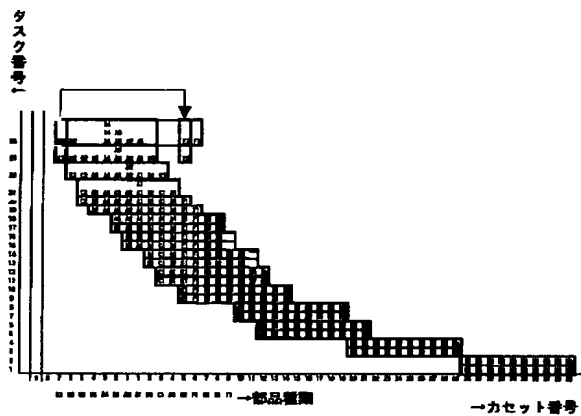
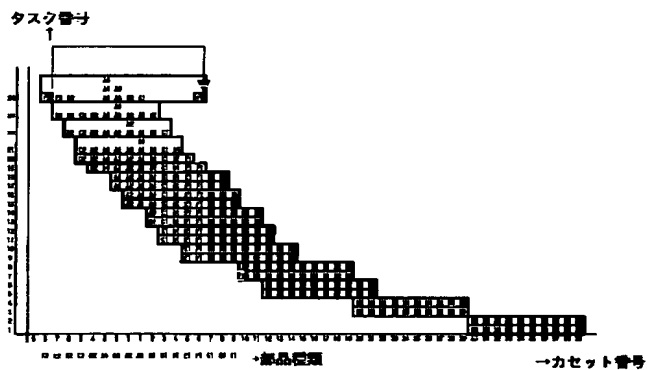


【図35】

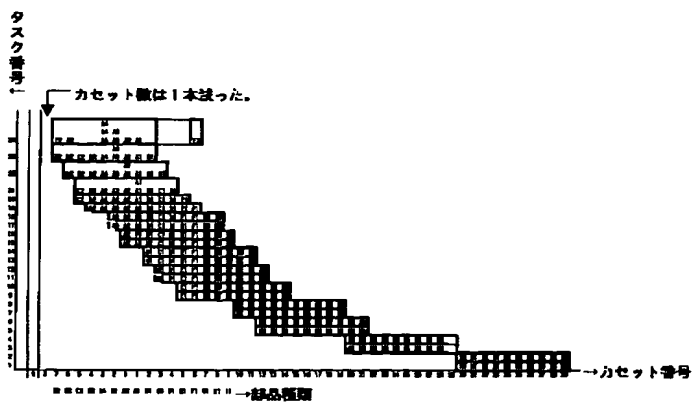


【図38】

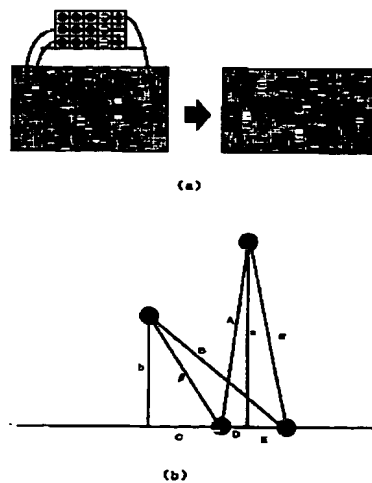
【図36】



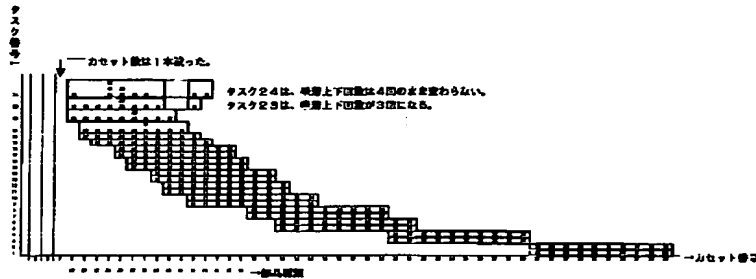
【図37】



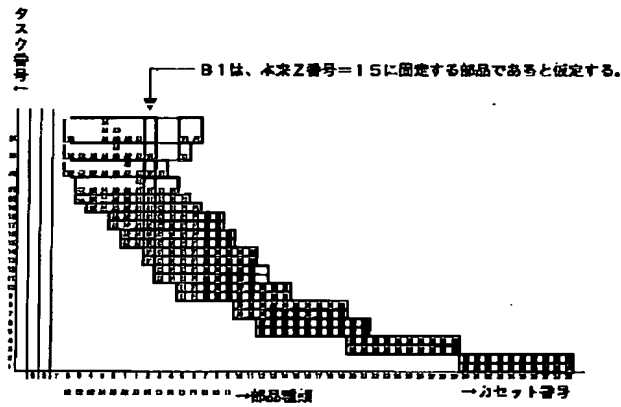
【図55】



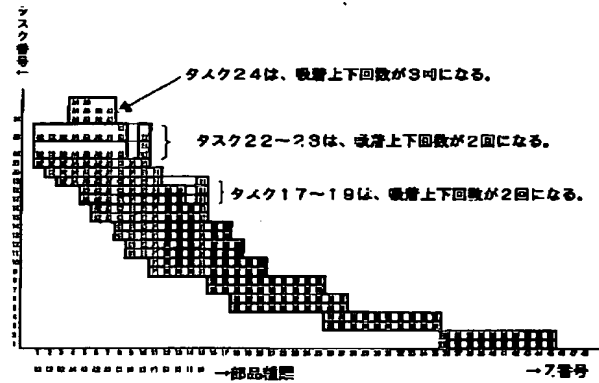
【図39】



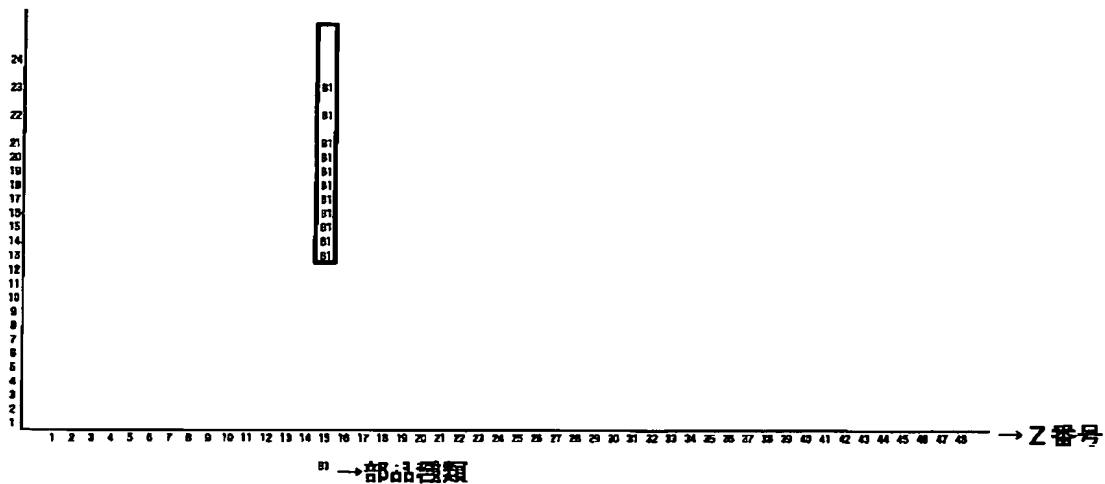
【図40】



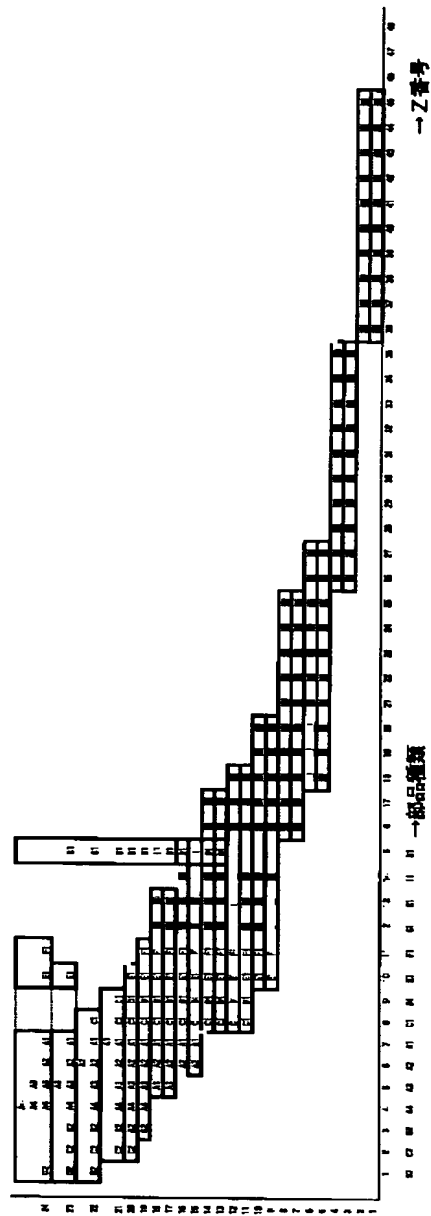
【図44】



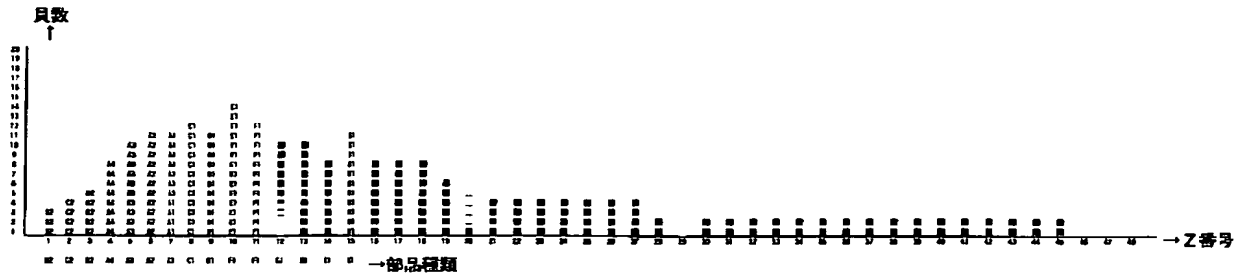
【図41】



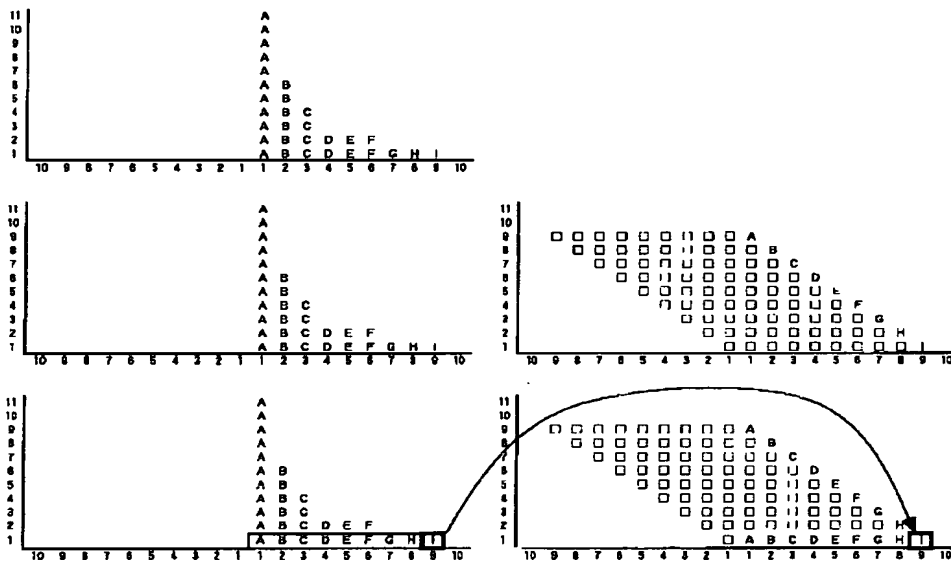
【図42】



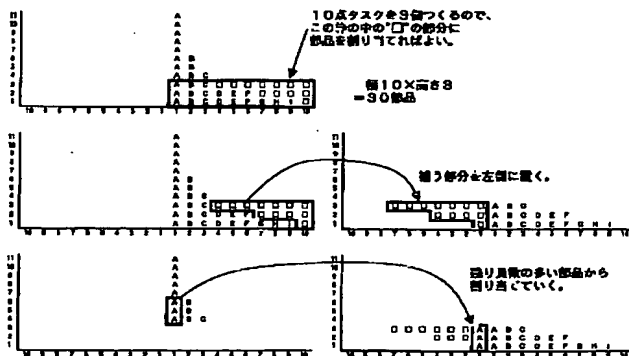
【図43】



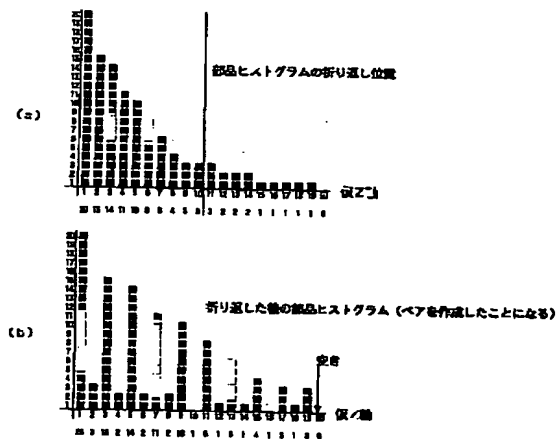
【図45】



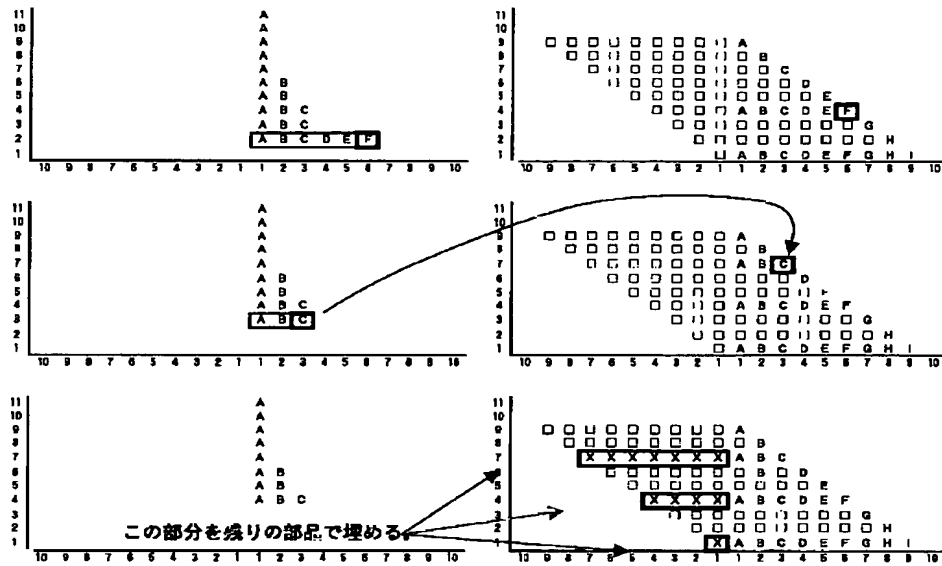
【図50】



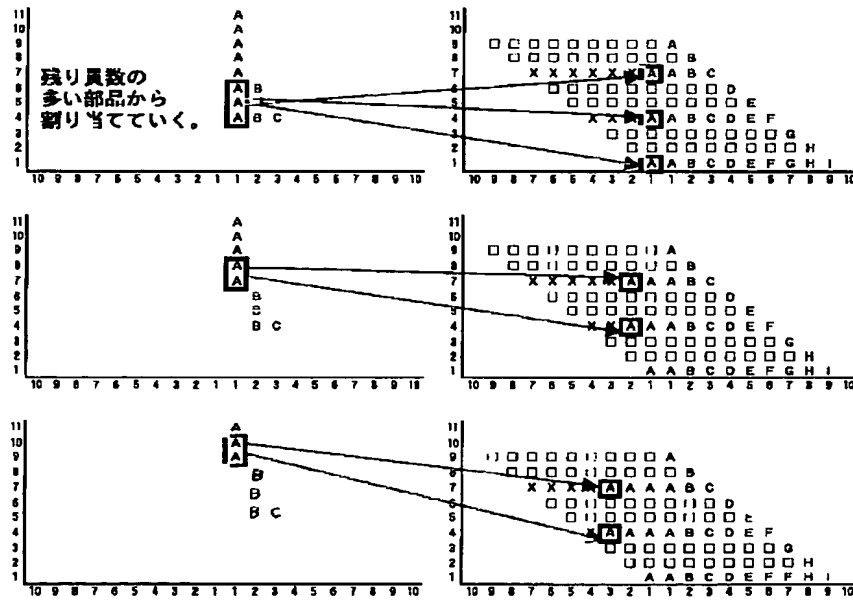
【図59】



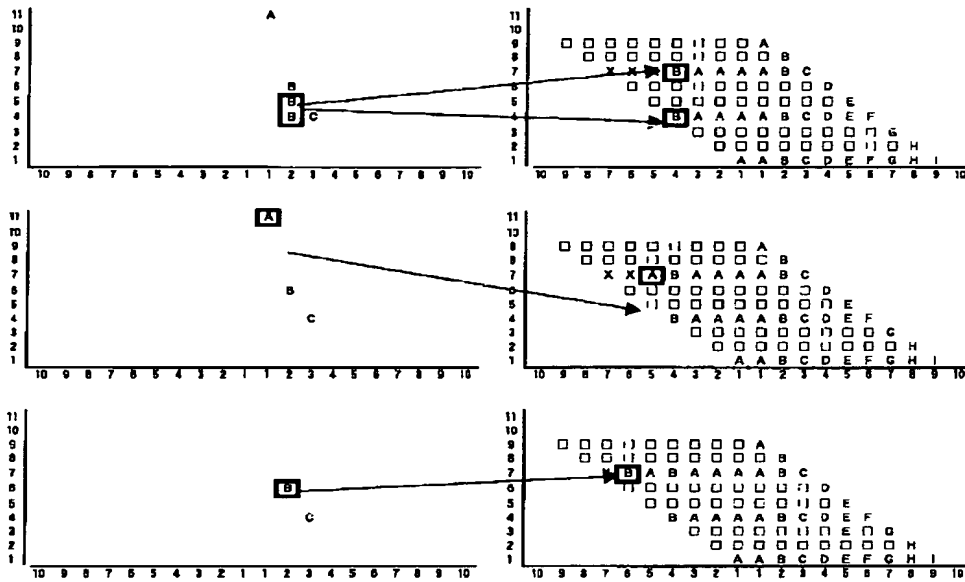
【図46】



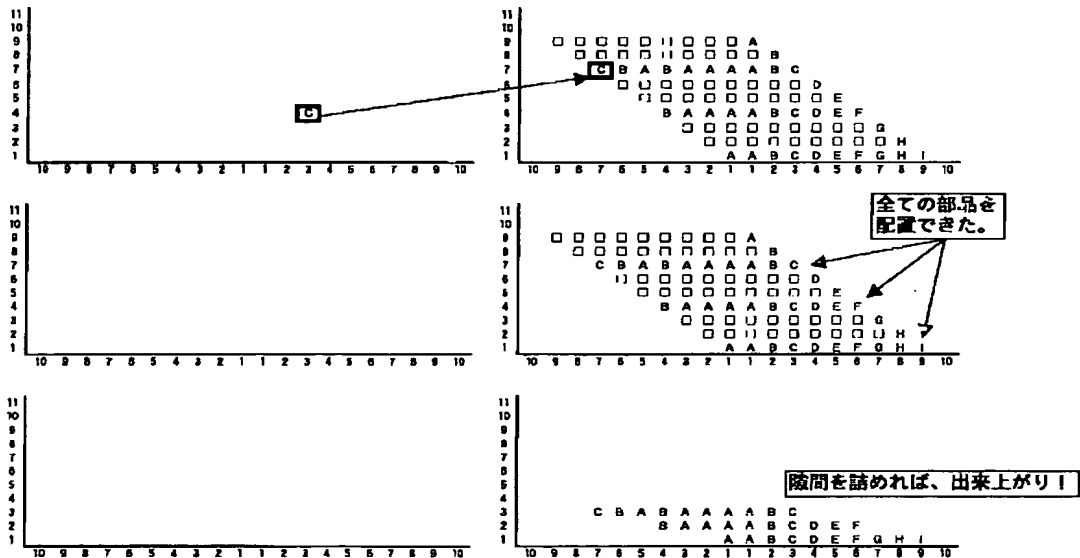
【図47】



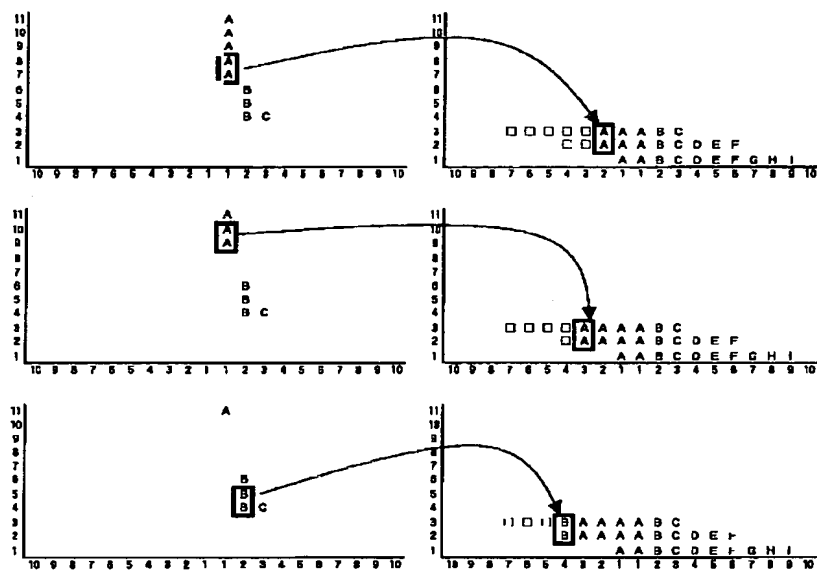
【図48】



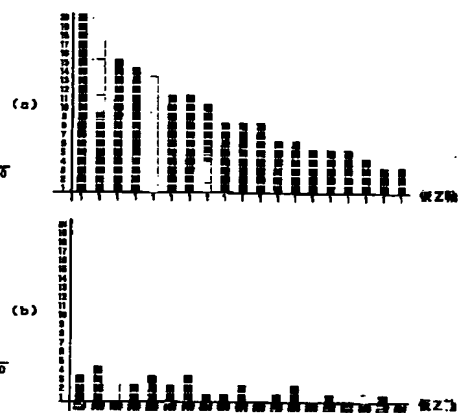
【図49】



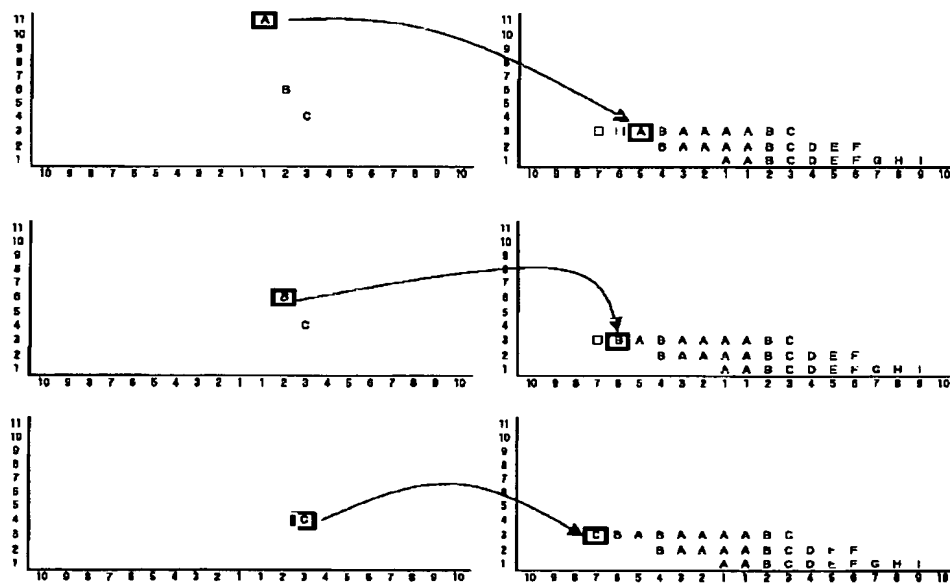
【図51】



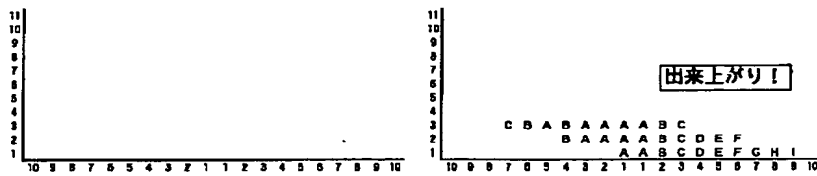
【図62】



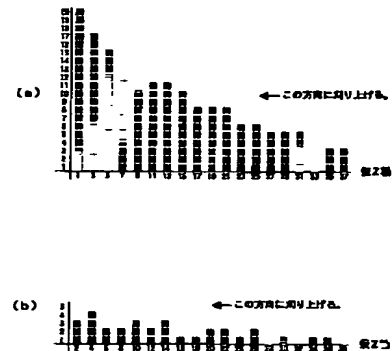
【図52】



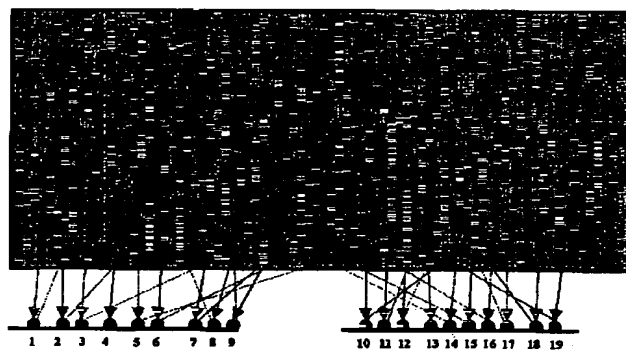
【図53】



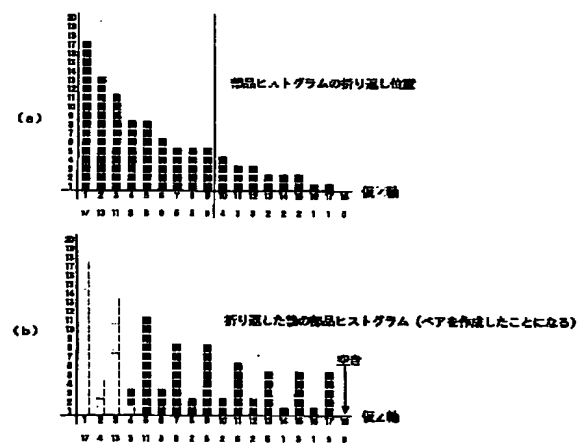
【図73】



【図57】

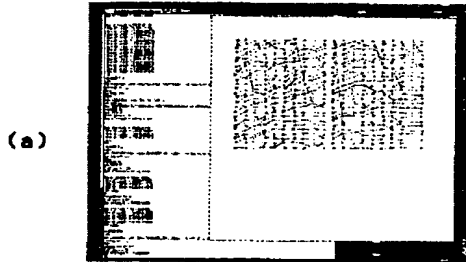


【図60】

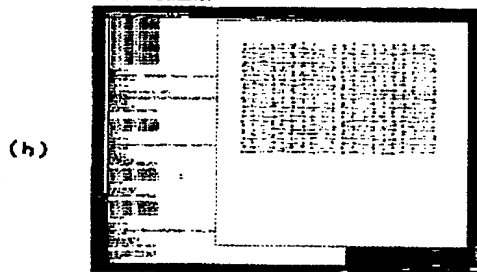


【図54】

貪欲法による初期状態

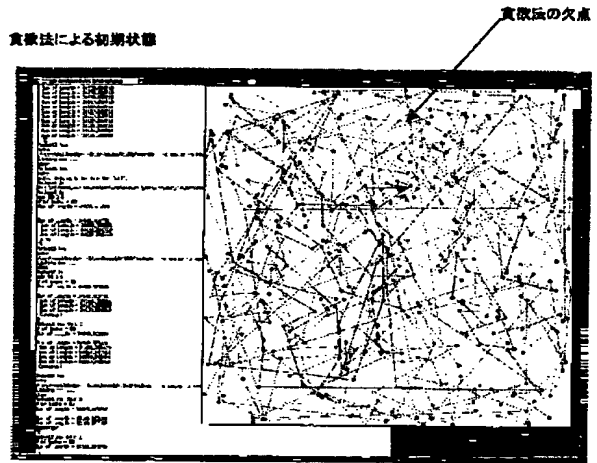


交差解消法による“(準)最適解”

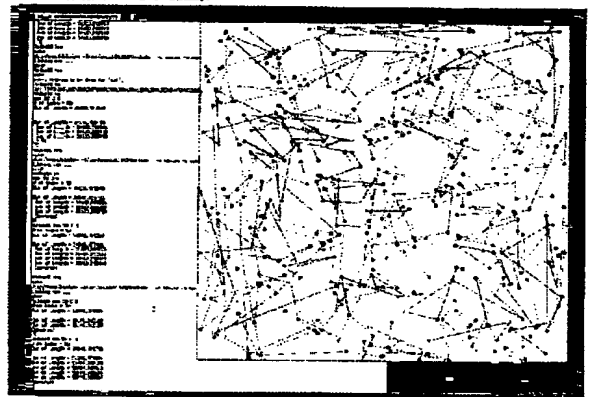


【図56】

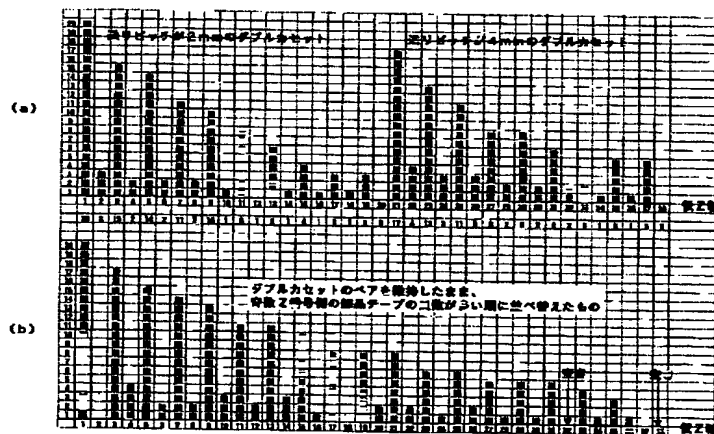
貪欲法による初期状態



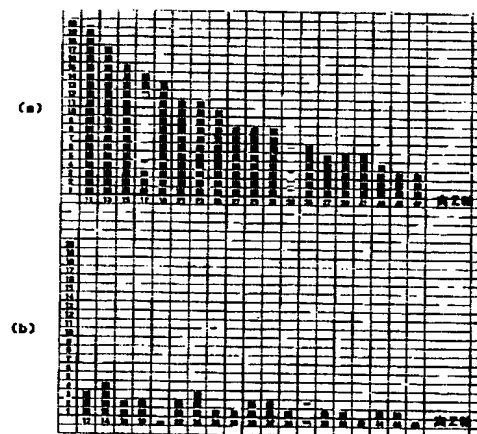
交差解消法による最適解



【図61】



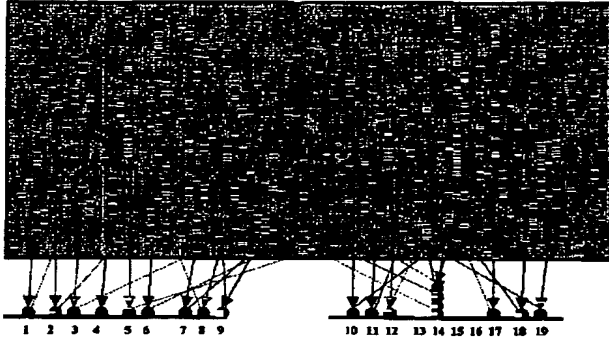
【図63】



【図58】

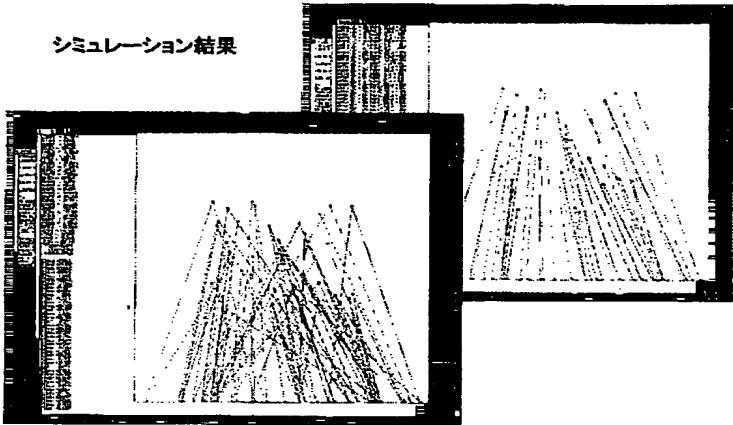
同一のカセットに転数の実装量があっても、このアルゴリズムは同様に動作する。

(a)



シミュレーション結果

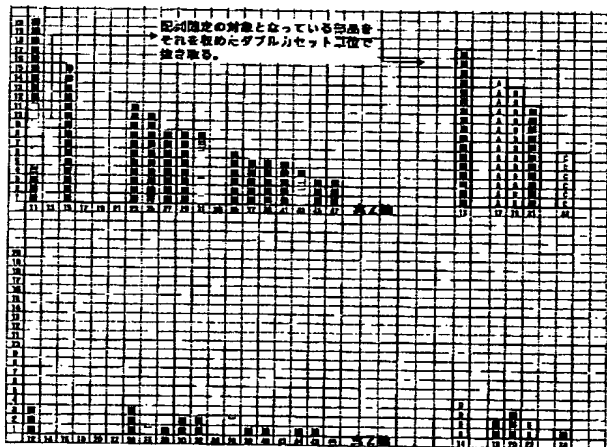
(b)



【図65】

(a)

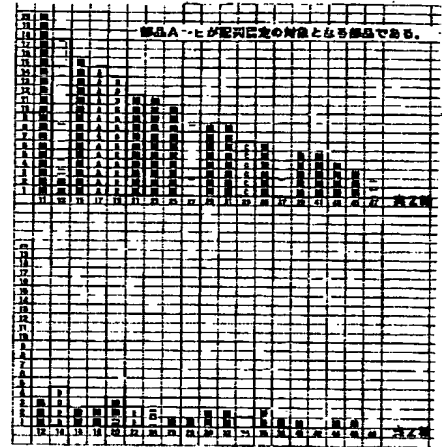
(b)



【図64】

(a)

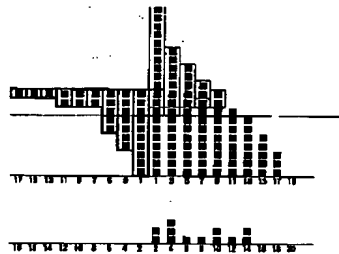
(b)



【図78】

(a)

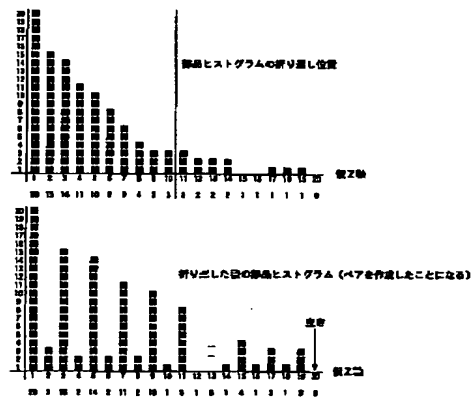
(b)



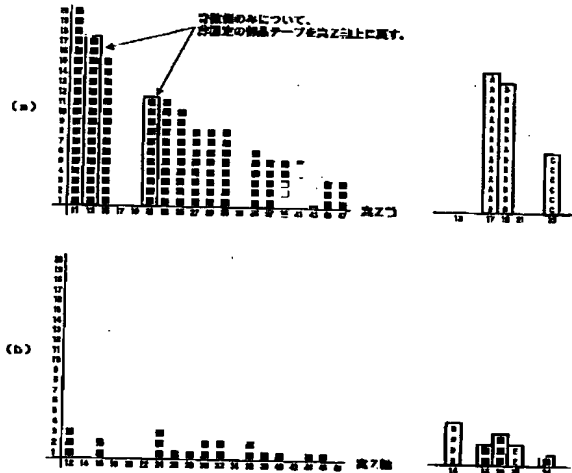
【図70】

(a)

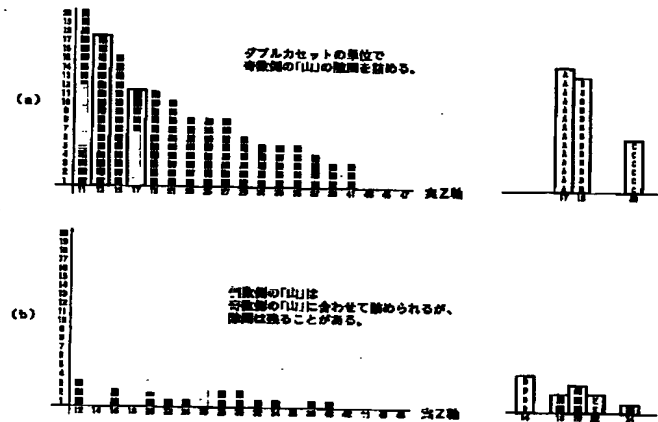
(b)



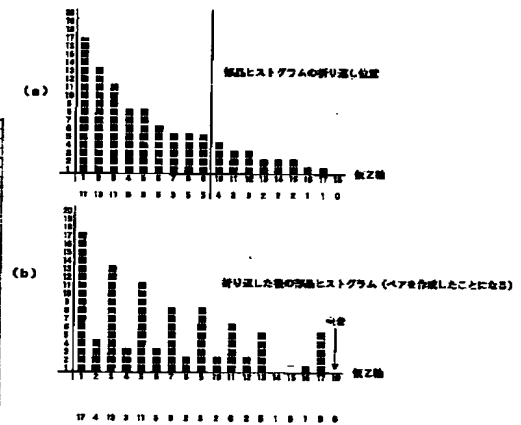
【図66】



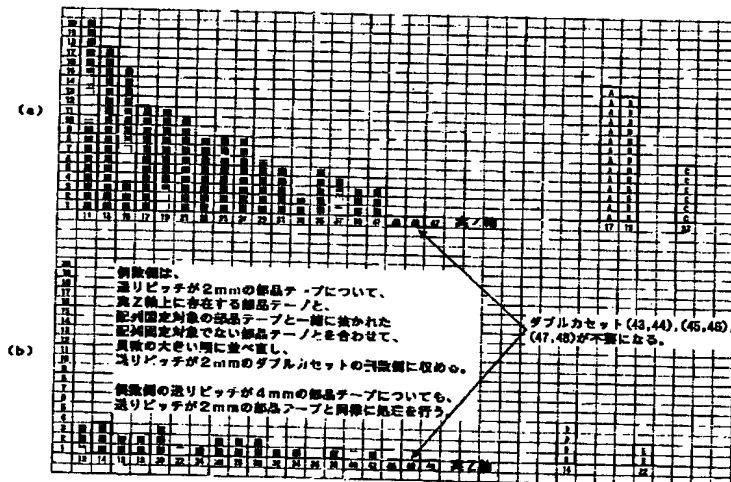
【図67】



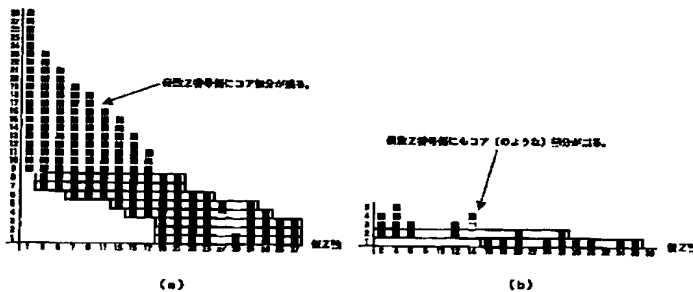
【図71】



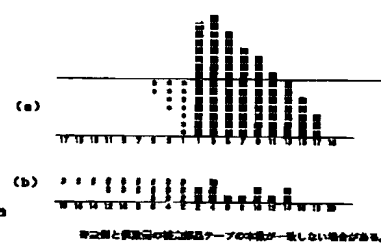
【図68】



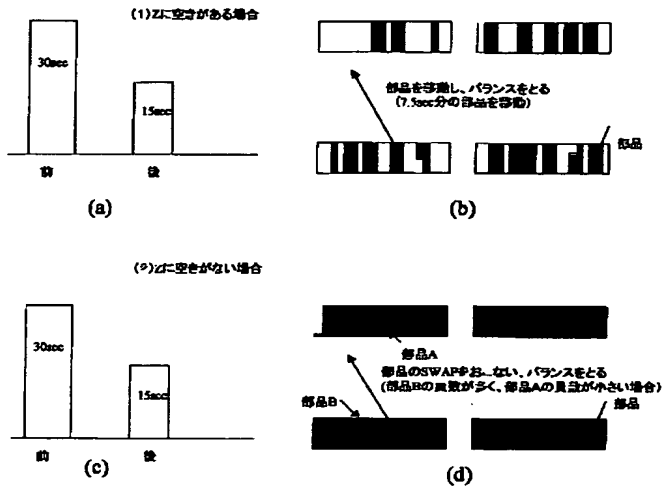
【図74】



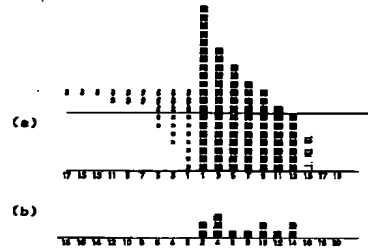
【図76】



【図69】



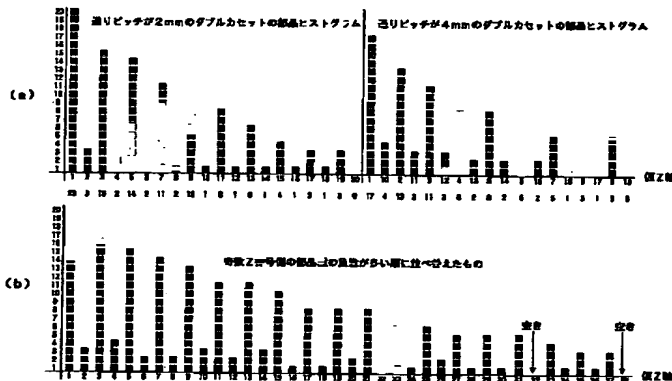
【図77】



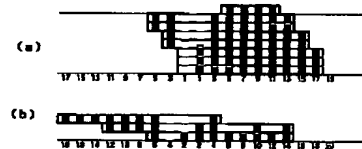
【図79】



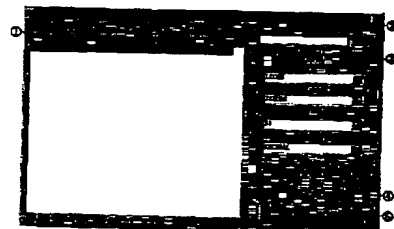
【図72】



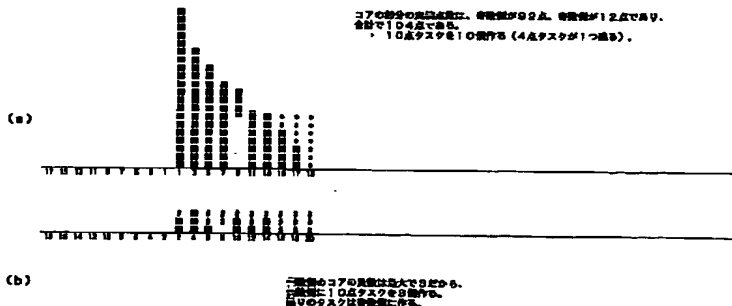
【図80】



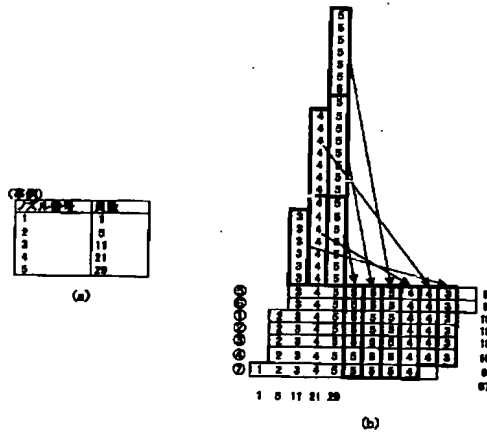
【図83】



【図75】



【図81】



【図82】

1. Material Type: 10-Steel

2. Density: 7850

3. Poisson's Ratio: 0.3

4. Young's Modulus: 210000

5. Thermal Expansion Coefficient: 12

6. Thermal Conductivity: 45

7. Thermal Capacity: 460

【図84】

1. Material Type: 10-Steel

2. Density: 7850

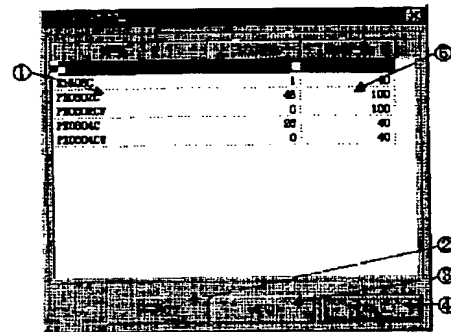
3. Poisson's Ratio: 0.3

4. Young's Modulus: 210000

5. Thermal Expansion Coefficient: 12

6. Thermal Conductivity: 45

【図85】



【図86】

1. Material Type: 10-Steel

2. Density: 7850

3. Poisson's Ratio: 0.3

4. Young's Modulus: 210000

【図87】

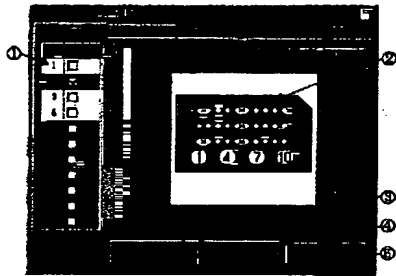
1. Material Type: 10-Steel

2. Density: 7850

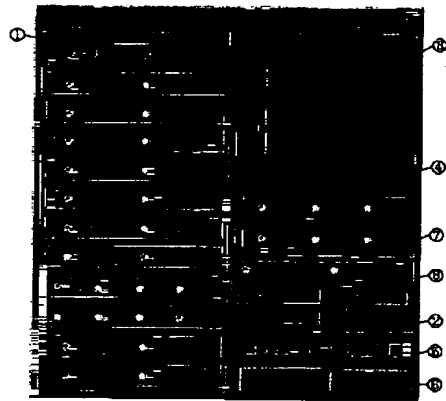
3. Poisson's Ratio: 0.3

4. Young's Modulus: 210000

【図88】



【図89】



【図90】

Item No.	Item Name	Quantity	Unit	Price	Print
19	FIGURE 1	2	200	1	FIGURE 1
20	FIGURE 2	2	200	1	FIGURE 2
21	FIGURE 3	2	200	1	FIGURE 3
22	FIGURE 4	2	200	1	FIGURE 4
23	FIGURE 5	2	200	1	FIGURE 5
24	FIGURE 6	2	200	1	FIGURE 6
25	FIGURE 7	2	200	1	FIGURE 7
26	FIGURE 8	2	200	1	FIGURE 8
27	FIGURE 9	2	200	1	FIGURE 9
28	FIGURE 10	2	200	1	FIGURE 10

【図91】

Item No.	Item Name	Quantity	Unit	Price	Print
1	SA	1	100	1	SA
2	SA	1	100	1	SA
3	SA	1	100	1	SA
4	SA	1	100	1	SA
5	SA	1	100	1	SA
6	SA	1	100	1	SA
7	SA	1	100	1	SA
8	SA	1	100	1	SA
9	SA	1	100	1	SA
10	SA	1	100	1	SA
11	S	1	100	1	S
12	S	1	100	1	S
13	S	1	100	1	S

フロントページの続き

(72)発明者 森本 正通
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72)発明者 金道 敏樹
神奈川県川崎市多摩区東三田3-10-1
松下技研株式会社内

(72)発明者 志田 武彦
神奈川県川崎市多摩区東三田3-10-1
松下技研株式会社内

Fターム(参考) 5E313 AA02 AA11 AA15 AA23 CC03
CC04 DD03 DD15 DD32 DD50
EE02 EE03 EE24 EE25 FG01

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

Inis Page Blank (uspto)